



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

机 · 械 · 制 · 造 · 系 · 列

机械基础 **第三版**

刘跃南 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教育)

机械制造系列

机 械 基 础

Jixie Jichu

第 三 版



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在第二版的基础上修订而成的。本书第一版 2002 年获教育部优秀教材二等奖。

本书主要内容包括机械工程材料及金属热加工基础、机械传动、液压与气压传动、机械加工四部分内容,共 16 章。

本书主要作为高等职业学校、高等专科学校及成人高校非机械类专业(如电子、电气、电机、工业企业管理等专业)的机械工程基础教材,还可供工厂技术管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/刘跃南主编. —3 版. —北京:高等教育出版社,2010.6

ISBN 978-7-04-028810-0

I. ①机… II. ①刘… III. ①机械学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 070114 号

策划编辑	罗德春	责任编辑	薛立华	封面设计	张雨微	责任绘图	尹 莉
版式设计	余 杨	责任校对	刘 莉	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 24.5
字 数 600 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2000 年 8 月第 1 版
2010 年 6 月第 3 版
印 次 2010 年 6 月第 1 次印刷
定 价 35.60 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

物料号 28810-00

第三版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在第二版的基础上修订而成的。本书第一版 2002 年获教育部优秀教材二等奖。本次修订是按照教育部规划教材编写的指导思想、原则以及高职高专精品教材的要求进行的。

本次修订仍保持前两版的框架结构及特色,突出传动及加工主线,按照“以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则,进一步精选教学内容,删减不实用或过深的内容,增加实例或新材料、新技术的内容,进一步强化实用性。为适应高职教育学制不同带来的学时差异,教材内容采用模块化、菜单式体系,有“必授内容”和“选授内容”两种安排,对“选授内容”的章节标以“*”号,表明在学时少的情况下可以不予讲授。

本书主要作为高等职业学校、高等专科学校及成人高校非机械类专业的机械工程基础教材,可供其中多数专业使用,还可供工厂技术管理人员参阅。

参加本次修订工作的有:深圳职业技术学院刘跃南(第八~十一章、附录),南阳理工学院黄荣杰(第一章)、蔡广宇(第二章),湖南工业职业技术学院朱岱力(第十二、十三、十六章),湖南工程学院黄麓升(第十四、十五章)、吴莉华(第四、五章),深圳职业技术学院陈知泰(第三、六、七章)。全书由刘跃南担任主编。

本书由司乃钧、丁树模教授审阅。

限于编者的水平和经验,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 4 月

第二版前言

本书是在教育部高职高专规划教材,刘跃南主编《机械基础》2000年版的基础上修订而成的,该教材第一版2002年获教育部优秀教材二等奖。修订工作是按照教育部规划教材编写的指导思想、原则以及高职高专层次精品教材的要求进行的。

本次修订仍保持第一版教材的框架结构及特色,突出传动及加工主线,按照“以应用为目的,以必需够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则,进一步精选教学内容,删减不实用或过深的内容,增加实用或新材料、新技术的内容,如纳米材料、记忆合金、机械加工质量、现代制造技术等内容。为强化实用性,本次修订对第一版教材每章的构成体系进行了适当的调整,增加了“本章学习目的”、“本章要点”和“本章实例分析”,有利于学生学习。为适应高职高专教育不同学制的改革与发展需要,教材内容采用模块化、菜单式体系,有“必授内容”和“选授内容”两种安排,对“选授内容”的章或节标以“*”号,表明在学时少的情况下可以不予讲授。

本书主要作为高等职业学校、高等专科学校及成人高校非机械类专业的机械工程基础教材,可供其中多数专业使用,还可供工厂技术管理人员参阅。

参加本次修订工作的有:深圳职业技术学院刘跃南(第五、六、七、八、九、十、十一章、附录),南阳理工学院黄荣杰(第一章),南阳理工学院蔡广宇(第二章),湖南工业职业技术学院朱岱力(第十二、十三、十六章),湖南工程学院黄麓升(第十四、十五章),湖南工程学院吴莉华(第三、四章)。全书由刘跃南主编。

本书由湖南工程学院丁树模教授审阅。

限于编者的水平和经验,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2005年3月

第一版前言

本书是教育部高职高专规划教材,是参照非机械类专业的《机械基础课程教学基本要求》并吸收了《高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划》的研究成果编写而成的。全书执行了最新国家标准。

现今高职高专专业设置岗位针对性强,同时对知识、能力的复合性要求高,许多高职高专非机械类专业(如电气、电机、工业企业管理类的专业等)需要初步的机械工程基础知识,这也是编写本书的主要原因。鉴于非机械类专业种类繁多,其对机械基础知识的内容要求也不尽相同,因此,本书取材范围较广,以便能够适应多数专业的需要。全书主要包括机械工程材料及金属热加工基础、机械传动、液压与气压传动、机械加工四部分内容,共15章。全书涉及内容广泛,但各章相互联系紧密,因而形成了一个有机的整体。

本书的特点是:突出传动及加工这一主线,按照“以应用为目的,以必需够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则,精选教学内容;着重机械工程基本知识、基本原理、基本结构、基本零件的讲解,深浅适度;理论联系实际,注重应用能力和工程素质教育,加强了实际应用及工程实例的介绍,并增加对科技新成果的介绍;书中图文对照,插图多使用立体图、结构示意图,简明易懂;各章均附有复习题,便于学生思考和练习,从而加深对课程内容的理解。

针对书中的四篇内容,学生在学习中应达到如下要求:①了解机械工程材料及金属热加工的基本知识;②了解机械传动中各种常用机构和通用零部件的基本结构原理及应用;③初步掌握液压传动与气压传动中常用元件及典型基本回路的工作原理、特点和应用,具备阅读一般液压与气动系统图的能力;④了解常用金属切削加工方法(车、铣、钻、刨、磨)的工艺特点,熟悉几种典型通用切削机床的用途、组成、运动和传动系统,并对当今一些先进的切削加工方法进行一般性的了解。

本书主要作为高职、高专及成人高校非机械类专业的机械工程基础教材,可供多数专业使用,还可供工厂技术管理人员参阅。

本书由深圳职业技术学院刘跃南主编。第一、二章由南阳理工学院黄荣杰编写,第四、五、六、七章由深圳职业技术学院邹渝编写,第八、九、十、十一、十四章及附录由刘跃南编写,第十二、十三、十五章及十四章部分内容湖南工业职业技术学院朱岱力编写,第三章及第十二章部分内容湖南工程学院吴莉华编写。

本书审稿人为湖南工程学院丁树模教授。

在全书的编写过程中,有关兄弟院校的领导和老师给予了大力支持,另外,王方霞、何许腾为书稿的统稿做了许多工作,谨在此向他们表示感谢。

限于编者的水平和经验,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2000年5月

目 录

第一篇 机械工程材料及金属热加工基础

第一章 机械工程材料	3	复习题	29
§ 1-1 金属材料的主要性能	3	第二章 铸造、锻压与焊接	30
§ 1-2 常用金属材料	7	§ 2-1 铸造	30
§ 1-3 钢的热处理	13	§ 2-2 锻压	36
§ 1-4 非金属材料	20	§ 2-3 焊接	41
* § 1-5 新型材料简介	22	* § 2-4 典型零件的毛坯选择	47
* § 1-6 机械工程材料的选用	24	复习题	50

第二篇 机械传动

第三章 机械传动概述	55	§ 5-4 蜗杆传动	110
§ 3-1 基本概念	55	复习题	112
§ 3-2 机械传动的特性与参数	57	第六章 常用机械零件	114
§ 3-3 机械传动的类型	59	§ 6-1 轴	114
§ 3-4 机构的运动简图	60	§ 6-2 轴承	116
§ 3-5 平面机构的自由度	63	§ 6-3 联轴器、离合器、制动器	124
复习题	68	* § 6-4 常用连接件	129
第四章 常用机构	71	* § 6-5 弹簧	134
§ 4-1 平面连杆机构	71	复习题	137
§ 4-2 凸轮机构	79	第七章 机械传动系统分析及机构组合	
§ 4-3 螺旋机构	84	创新	139
§ 4-4 间歇运动机构	88	§ 7-1 机械传动系统的基本概念	139
复习题	92	§ 7-2 定轴轮系传动比的计算	143
第五章 常用机械传动装置	94	* § 7-3 周转轮系传动比的计算	145
§ 5-1 带传动	94	* § 7-4 机械传动系统的分析计算	149
§ 5-2 链传动	99	* § 7-5 机构组合及创新设计方法	152
§ 5-3 齿轮传动	100	复习题	162

第三篇 液压与气压传动

第八章 液压传动概述	167	压力、流量	169
§ 8-1 液压传动的工作原理	167	§ 8-4 液压传动的优缺点及应用	171
§ 8-2 液压传动系统的组成及图形		复习题	174
符号	168	第九章 液压元件	175
§ 8-3 液压传动的两个基本参数——		§ 9-1 液压泵、液压马达和液压缸	175

§ 9-2 液压控制阀	186	复习题	236
* § 9-3 液压辅件	205	* 第十一章 气压传动	238
复习题	214	§ 11-1 气压传动的组成、特点及应用	238
第十章 液压基本回路及液压系统	217	§ 11-2 气动元件	241
§ 10-1 液压基本回路	217	§ 11-3 气动基本回路及系统实例	248
§ 10-2 典型液压传动系统	229	复习题	255

第四篇 机械加工

第十二章 金属切削加工概述	259	§ 14-3 电解加工	317
§ 12-1 切削运动和切削要素	259	§ 14-4 超声加工	318
§ 12-2 金属切削刀具	262	§ 14-5 激光加工	320
* § 12-3 金属切削过程	268	§ 14-6 电子束和离子束加工	321
§ 12-4 零件的加工质量及测量	270	§ 14-7 复合加工	323
§ 12-5 金属切削机床的分类与型号	277	复习题	324
复习题	281	第十五章 机械加工自动化	325
第十三章 常用切削加工方法及设备	282	§ 15-1 组合机床及其自动线	325
§ 13-1 车削加工及车床	282	§ 15-2 数控机床	332
§ 13-2 铣削加工及铣床	291	* § 15-3 现代制造技术	337
§ 13-3 钻削及镗削加工	296	复习题	348
§ 13-4 刨削加工及刨床	299	* 第十六章 机械加工工艺过程和工艺文件	349
§ 13-5 磨削及光整加工	302	§ 16-1 基本概念	349
复习题	310	§ 16-2 工件的安装和定位基准	353
第十四章 特种加工	312	§ 16-3 机械加工工艺路线的拟订	357
§ 14-1 概述	312	复习题	365
§ 14-2 电火花加工	313		
附录	366		
附表 A 机构运动简图符号(摘自 GB/T 4460—1984)	366		
附表 B 常用液压传动图形符号(摘自 GB/T 786.1—1993)	376		
参考文献	380		

第一篇

机械工程材料及金属热加工基础

在机电产品的生产制造中,机械工程技术需要解决的主要问题是选用什么材料和用什么方法进行加工。本篇将从专业技术工作的需要出发,对常用的机械工程材料和金属热加工方面的知识作一基本介绍。

第一章 机械工程材料

本章学习目的

通过本章学习,熟悉金属材料的主要性能,了解常用金属材料和非金属材料的分类、特点及应用,了解钢热处理的特点、方法及应用,了解机械零件材料的选择原则。

本章要点

1. 金属材料的主要性能;
2. 常用金属材料和非金属材料的分类、特点及应用;
3. 钢热处理的特点、方法及应用;
4. 机械零件材料的选择原则。

用以制造各种机械零件的材料统称为机械工程材料。一般将其分为两大类:金属材料和非金属材料。在目前机械工业生产中,普遍使用钢铁、铜、铝等金属材料;此外,工程塑料、橡胶、陶瓷、复合材料等非金属材料的应用也日趋广泛,并展示出良好的发展前景。

§ 1-1 金属材料的主要性能

在生产实际中,不同的材料有不同的性能和用途;同一种金属材料通过不同的热处理方法,可以得到不同的性能。因此,在选择机械零件的材料时,熟悉材料的性能是十分必要的。金属材料的性能包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能,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金属材料在外加载荷(外力)作用下表现出来的特性。载荷按其作用形式的不同,分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等。因此,金属材料表现出的抵抗外力能力的特性也各不相同。通常所研究的力学性能主要是指强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

一、 金属材料的静态力学性能

静态力学性能包括塑性、强度、硬度等性能指标。

(一) 塑性、强度与静荷拉伸试验

1. 塑性

塑性是指固体材料在外力作用下发生塑性变形而不破坏其完整性的能力。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

2. 强度

强度是指材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。根据受力状况的不同,材料的强

度可分为抗拉、抗压、抗弯、抗扭和抗剪强度等。一般以抗拉强度作为最基本的强度指标。

3. 静载荷拉伸试验

金属材料的强度、塑性可通过静拉伸试验来确定。

目前金属材料室温拉伸试验方法采用 GB/T 228—2002 新标准,由于目前原有的金属材料力学性能数据是采用旧标准进行测定和标注的,所以原有旧标准 GB/T 228—1987 仍然沿用,本教材为叙述方便采用旧标准。关于金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照见表 1-1。

表 1-1 金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照

GB/T 228—2002 新标准		GB/T 228—1987 旧标准	
名 词	符 号	名 词	符 号
断面收缩率	Z	断面收缩率	φ
断后伸长率	A 和 $A_{11.3}$	断后伸长率	δ_5 和 δ_{10}
屈服强度	—	屈服点	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sL}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定残余伸长强度	R_r , 如 $R_{r0.2}$	规定残余伸长应力	σ_r , 如 $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b

在拉伸试验过程中,通过自动记录或绘图装置得到的表示试样所受载荷 F 和伸长量 Δl 的关系曲线称为拉伸曲线;经计算,可得到表示试样所受应力 σ 和应变 ε 的关系曲线,称为应力-应变曲线。图 1-1 所示分别为低碳钢试样的拉伸曲线和应力-应变曲线。

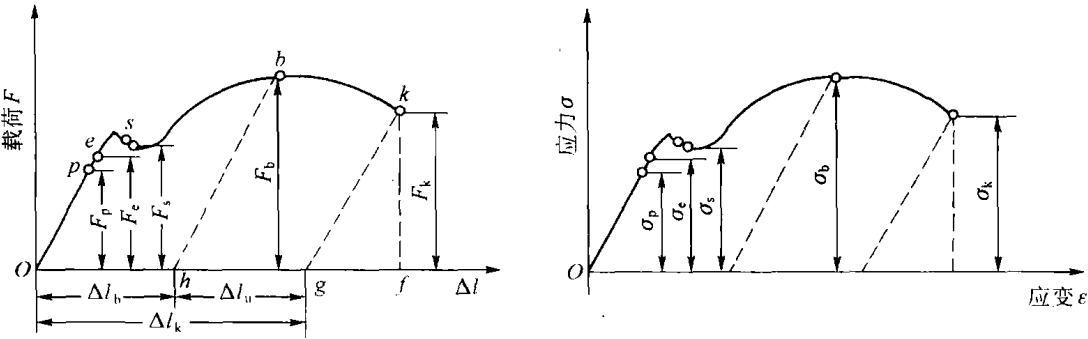


图 1-1 低碳钢试样的拉伸曲线和应力-应变曲线

由图 1-1 可知,在载荷较小的 Oe 段,试样的伸长量随载荷的增加而增加,外力去除后试样恢复原状,此种变形为弹性变形,故 Oe 段为弹性变形阶段。超过点 e 后,试样进入弹性-塑性变形阶段,在这一阶段若去除外力,试样不能完全恢复原状。当载荷(应力)增加到 $F_s(\sigma_s)$ 时,拉伸曲线(应力-应变曲线)到达 s 点后出现近于水平的阶段,这表示在载荷不增加的情况下,试样仍明显继续伸长,这种现象称为屈服。屈服现象之后,试样又随载荷的增加而伸长,产生比较均匀的塑性变形,称为均匀塑性变形阶段;由于较大的塑性变形伴随着形变强化现象(因材料产生塑

性变形而使其强度、硬度增高的现象),故又称强化阶段。当载荷(应力)增加到 $F_b(\sigma_b)$ 时,试样出现局部变细的缩颈现象。之后,所需载荷逐渐减小,变形主要集中于缩颈处。当载荷(应力)增加到 $F_k(\sigma_k)$ 时,试样在缩颈处断裂。

静拉伸试验条件下材料的主要力学性能指标有以下几个(参看图 1-1):

(1) 弹性极限 σ_e 和弹性模量 E 在弹性变形阶段, e 点对应弹性变形阶段的极限值,称为弹性极限,以 σ_e 表示。对一些弹性元件,如精密弹簧等, σ_e 是主要的性能指标。

材料在弹性变形阶段内,应力与应变的比值表征了材料抵抗弹性变形的能力,其数值大小反映材料弹性变形的难易程度,称为弹性模量,以 E 表示。

在工程上,零件或构件抵抗弹性变形的能力称为刚度。在零件的尺寸、结构确定的前提下,其刚度取决于材料的弹性模量。

(2) 屈服强度 σ_s 和条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 在屈服阶段,材料产生屈服时的应力称为屈服强度,以 σ_s 表示。屈服强度标志着材料对起始塑性变形的抗力。

如果在拉伸过程中没有明显的拉伸平台,则按照 GB/T 228—2002 的规定以残余伸长率为 0.2% 时的应力($\sigma_{0.2}$)来表示,又称为条件屈服强度。

(3) 抗拉强度 σ_b 在塑性变形阶段中,曲线的最高点 b 所对应的应力 σ_b 标志着材料在断裂前所能承受的最大应力,称为抗拉强度。

(4) 伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 试样拉断后,标距的伸长量与原始标距的百分比称为伸长率,以 δ 表示。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为断面收缩率,以 ψ 表示。

δ 、 ψ 都是材料常数,是材料的塑性指标。 δ 和 ψ 愈大,表示材料的塑性愈好。良好的塑性可使材料顺利地实现成形,还可在一定程度上保证零件或构件的安全性。一般 δ 达 5%、 ψ 达 10% 即可满足绝大多数零件或构件的使用要求。

(二) 硬度

硬度是反映材料软硬程度的一种性能指标,它表示材料表面局部区域内抵抗塑性变形或破裂的能力。根据测定硬度方法的不同,可用布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等多种硬度指标来表示材料的硬度。

1. 布氏硬度(HB)

布氏硬度的试验原理、方法和条件在 GB/T 231.1—2002《金属布氏硬度试验方法》中有详细说明。测验时用一定直径的硬质合金球以相应的试验载荷压入试样表面,经规定的保持时间,卸除后测量试样表面的压痕直径,将测得的参数代入计算公式,即可得到布氏硬度的值。布氏硬度用 HBW 表示。

布氏硬度试验的优点是压痕面积大,测量结果误差小,但测试过程烦琐,不宜用于成品零件及薄而小的零件,也不宜用于大批量的生产检验,常用于退火状态下的钢材、铸铁及有色合金的硬度测试。

2. 洛氏硬度(HR)

GB/T 230.1—2004《金属洛氏硬度试验方法》详细说明了洛氏硬度的测试原理、方法和条件。测试时,在一定载荷的作用下将压头压入试样表面,然后测量压痕的残余深度来计算并表示其硬度值,记为 HR,实际测量时可直接从硬度计的刻盘上读出硬度值。根据被测材料的硬度和

厚度等条件的不同,可选用不同的实验载荷和压头类型而得到 15 种不同的洛氏硬度的标尺,每一种标尺用一个规定的字母附在洛氏硬度符号后面加以注明,最常用的是 HRA、HRB 和 HRC 三种。

洛氏硬度测试的优点是操作简便,压痕小,几乎不损伤工件表面,故应用最广。但由于压痕过小,使代表性、重复性差,测量误差较大。

3. 维氏硬度(HV)

维氏硬度的测量原理基本与布氏硬度相同,具体内容参看 GB/T 4340.1—1999《金属维氏硬度试验方法》,不同的是所加载荷较小,压头是顶角为 136°的正四棱锥金刚石压头。

维氏硬度测量的精度高,测量范围广(最高可达 1 300 HV),应用广泛,特别适用于工件的硬化层及薄片、小件成品。但由于操作复杂,不宜用于大批量检测;由于压痕很小,致使所测硬度重复性差,分散度大。

二、 金属材料的动态力学性能

动态力学性能包括冲击韧性和疲劳强度等性能指标。

(一) 冲击韧性

在冲击载荷作用下,金属材料抵抗破坏的能力称为冲击韧性,其值以冲击韧度 a_k 来表征。 a_k 值越大,材料的韧性越好,在受到冲击时越不容易断裂。

当用冲击试验方法测定冲击韧度时, a_k 值就等于冲断试样单位截面积所消耗的冲击吸收功的大小,数值可从冲击试验机的刻度盘上直接读出。

(二) 疲劳强度

疲劳强度是指材料经无数次的应力循环仍不断裂的最大应力,用以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 1-2 所示。由图中可以看出,循环应力越小,则材料断裂前所承受的循环次数越多。当应力降低到某一值时,曲线趋于水平,即表示在该应力作用下,材料经无数次的应力作用达到某一基数而不断时,其最大应力就作为该材料的疲劳极限。一般钢铁材料的循环基数取 10^7 次。

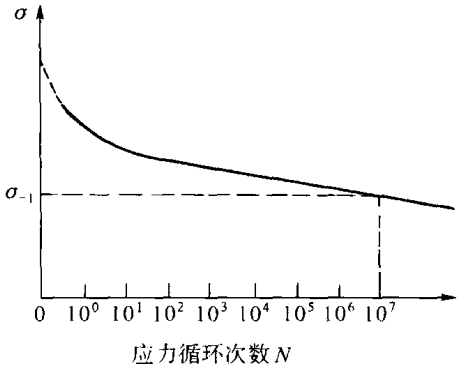


图 1-2 疲劳曲线示意图

三、 金属材料的物理、化学及工艺性能

(一) 物理性能

金属材料的物理性能主要包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。由于机器零件的用途不同,对金属材料的物理性能要求也有所不同。例如:飞机零件是用密度小、强度高的铝合金制造的,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;制造变压器的硅钢片,要求具有良好的磁性。

(二) 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、耐碱性和抗氧化性等。

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。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、汽轮机叶片选用耐热钢等。

(三) 工艺性能

金属材料的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,工艺性能可分为可铸性、可锻性、可焊性、切削加工性和热处理性能等。

金属材料的一些物理化学性能,对制造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。在进行焊接、铸造、热处理或锻造时,由于导热性的缘故,金属材料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,产生内应力,从而引起金属材料的变形和破裂。因此,对于导热性差的金属材料(如合金钢),应采取适当的措施,避免急剧的加热或冷却,防止材料产生破裂;在铸造过程中,对于熔点不同的材料,所选择的浇注温度也应有所不同等。

§ 1-2 常用金属材料

常用金属材料主要有碳钢(非合金钢)、合金钢、铸铁、有色金属(非铁金属合金)等,它们具有优良的性能,是工业领域的主要材料。

一、 钢

国家标准 GB/T 13304—1991《钢分类》比较系统、详细地规定了钢的分类及表示方法。按照用途来分,钢材料可以分为结构钢、工具钢和特殊性能钢等。以下分别加以简单介绍。

(一) 结构钢

结构钢是品种最多、用途最广、使用量最大的一类钢。凡用于各种机器零件及各种工程结构(屋架、桥梁、井架、车辆构架等)的钢都称为结构钢。

1. 一般工程结构钢

(1) 碳素结构钢 碳素结构钢的磷、硫含量较高,多用于工程结构(轧制钢板、制造型材、工字钢、钢筋等),少部分用于机械零件。碳素结构钢一般在正火状态下使用,必要时可进行锻造、焊接等热加工,亦可通过热处理调整其力学性能。

(2) 优质碳素结构钢 这类钢的磷、硫含量较低,广泛用于较重要的机械零件。优质碳素结构钢(如 20、30、45、50 钢等)使用前一般都要进行热处理。

(3) 低合金结构钢 低合金结构钢是在低碳钢的基础上加入少量合金元素(合金元素总质量分数一般在 3% 以下)而得到的,主要用于制造桥梁、船舶、高压容器、输油输气管道、大型钢结构等,具有高的强度、足够的塑性和韧性以及良好的焊接性能。低合金结构钢一般含碳量^①不超过 0.2%,并加入以锰为主的合金元素。

2. 渗碳钢

渗碳钢通常是指经渗碳淬火、低温回火后使用的钢。一般使用低碳的优质碳素结构钢和合金结构钢。渗碳钢主要用于制造高耐磨性并承受动载荷的零件,如汽车、拖拉机中的变速齿轮,内燃机上的凸轮轴、活塞销等机器零件。渗碳钢具有高硬度、高韧性、高强度和良好的热处理工艺性能。

3. 调质钢

调质钢通常是指经调质处理后使用的钢,具有优良的综合力学性能,主要用于制造汽车、拖拉机、机床和其他机器上的各种重要零件(如齿轮、轴类件、连杆、高强度螺栓等)。

常用调质钢分为碳素调质钢和合金调质钢。碳素调质钢有 35、40、45 钢和 40Mn、50Mn 等,其中以 45 钢应用最广。合金调质钢有 40MnB、40MnVB、35CrMo 及 40CrNiMoA 等。

4. 弹簧钢

弹簧钢是专用结构钢,主要制造各种弹簧和弹性元件。弹簧是机器和仪表中的重要零件,主要在冲击、振动、周期性扭转、弯曲等变化应力下工作。弹簧钢具有高的弹性极限 σ_e 、高的屈服比 σ_e/σ_b 、高的疲劳极限 σ_{-1} 、足够的塑性和韧性。弹簧钢分为碳素弹簧钢和合金弹簧钢。常用碳素弹簧钢有 55Mn 和 65Mn,常用合金弹簧钢有 55Si2Mn、50CrVA 和 60Si2Mn。

5. 滚动轴承钢

滚动轴承钢主要用来制造滚动轴承的滚动体、内外套圈等,属专用结构钢。它也用于制造精密量具、冷冲模、机床丝杠等耐磨件,具有高的接触疲劳强度,高的硬度、耐磨性、足够的韧性和淬透性。常用钢种有 GCr9、GCr15 等。

(二) 工具钢

工具钢是指制造各种刀具、模具、量具和其他耐磨工具的钢。工具钢按化学成分可分为碳素工具钢、合金工具钢和高速钢,按用途可分为刀具钢、模具钢、耐冲击工具钢、量具钢等。

1. 刀具钢

刀具钢主要用于制造车刀、铣刀、钻头、等切削工具,也用于制造一些手动工具、木工工具等,具有高强度、高硬度、高耐磨性、高热硬性、足够的塑性和韧性。

刀具钢主要有碳素工具钢、合金刀具钢、高速钢三种。常用碳素工具钢有 T8、T10 和 T12 等。常用合金刀具钢有 9SiCr,广泛用于制造各种低速切削的刀具,如板牙、丝锥等,也常用作冷冲模。常用高速钢有钨系 W18Cr4V2 钢,具有较高的热硬性,但韧性较差;钨钼系 W6Mo5Cr4V2 钢用钼代替了部分钨,钼的碳化物细小,韧性较好,耐磨性也较好,但热硬性稍差。

2. 模具钢

^① 本书中“含 x 量”均指质量分数 w ,如含碳量指 w_c 。

模具钢分为冷作模具钢和热作模具钢。冷作模具钢用于制造各种冷冲模、冷挤压模和拉丝模等,工作温度不超过 200 ~ 300 ℃。热作模具钢用于制造各种热锻模、热挤压模和压铸模等,工作时型腔表面温度可达 600 ℃ 以上。常用热作模具钢有 3Cr2W8V、5CrMnMo 和 4Cr5MoSiV。

3. 量具钢

量具钢用于制造各种测量工具,如卡尺、千分尺、螺旋测微仪、块规和塞规等,具有高的硬度、耐磨性和较好的尺寸稳定性。

量具钢没有专用钢。尺寸小、形状简单、精度较低的量具,用高碳钢制造;复杂的较精密的量具一般用低合金刃具钢制造;CrWMn 的淬透性较好,淬火变形很小,可用于精度要求高且形状复杂的塞规和块规;GCr15 耐磨性、尺寸稳定性较好,多用于制造高精度块规、螺旋塞头、千分尺;在腐蚀介质中工作的量具,则可用不锈钢 9Cr18、4Cr13 制造。

(三) 不锈钢、耐热钢及耐磨钢

1. 不锈钢

不锈钢是指在大气、水、酸、碱和盐溶液或其他腐蚀性介质中具有高的化学稳定性的合金钢的总称。在酸、碱、盐等侵蚀性较强的介质中能抵抗腐蚀作用的钢,又进一步称为耐蚀钢或称耐酸钢。

不锈钢主要用来制造在各种腐蚀介质中工作的零件或构件,例如化工装置中的各种管道、阀门和泵,医疗手术器械、防锈刀具和量具等。常用不锈钢有 1Cr13、2Cr13、1Cr17 及 1Cr18Ni9Ti。

2. 耐热钢

耐热钢是指在高温下具有热化学稳定性和热强性的特殊钢。热化学稳定性指钢在高温下对各类介质化学腐蚀的抵抗能力,热强性指钢在高温下保持一定强度的性能。

耐热钢主要用于石油化工的高温反应设备和加热炉、火力发电设备的汽轮机和锅炉、飞机的喷气发动机等设备。常用耐热钢有 3Cr18Ni25Si2、Cr12、Cr13 及 1Cr18Ni9Ti。

3. 耐磨钢

耐磨钢具有很高的耐磨性和韧性,主要用于机器运转过程中承受严重磨损和强烈冲击的零件,如车辆履带板、挖掘机铲斗、破碎机颚板和铁轨分道叉、防弹板等。常见的耐磨钢为 ZGMn13。

二、 铸铁

铸铁是 $w_c > 2.11\%$ 的铁碳合金,工业上常用铸铁的 w_c 一般为 2.5% ~ 4.0%。铸铁具有良好的铸造性能,力学性能不如钢,但切削加工性、减摩性及减振性好,而且生产设备简单、成本低。近年来,铸铁组织进一步改善,热处理对基体的强化作用也更明显,因此铸铁日益成为一种物美价廉、应用广泛的结构材料。根据碳在铸铁中存在形式的不同,常用的铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁和合金铸铁等。

(一) 灰铸铁

灰铸铁中的碳多以片状石墨形式存在,它是铸铁中用量最大的一种。根据国家标准规定,灰铸铁牌号冠以 HT(灰铁),后面数字表示最低抗拉强度(σ_b)。HT300 和 HT350 称为变质铸铁(或称孕育铸铁),适用于制造力学性能要求较高、截面尺寸变化较大的大型铸件。