

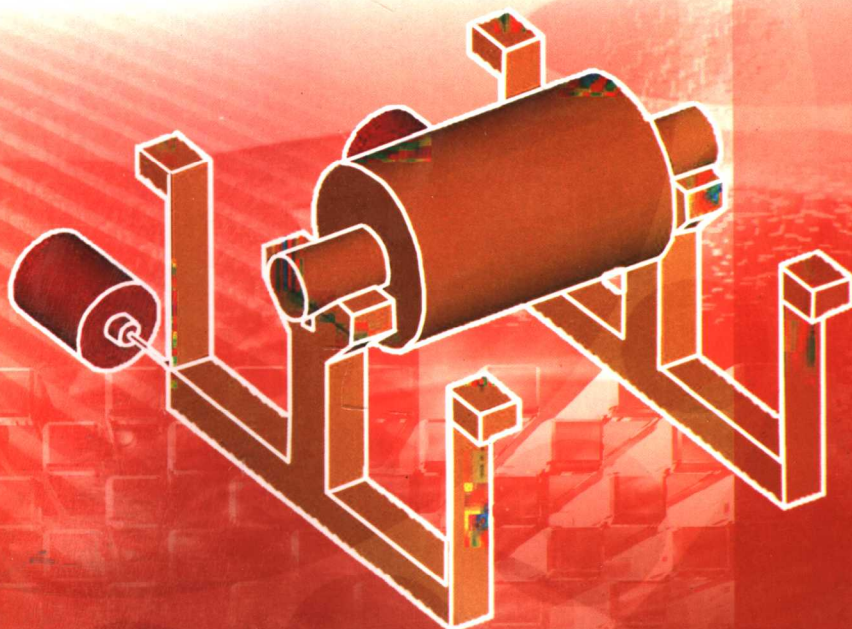
新编职业教育课程改革规划系列教材

机电模具类

机械基础

JIXIE JICHU

主编 杨伟桥 陈景春 主审 熊华云



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/杨伟桥,陈景春主编. —武汉:中国地质大学出版社,2007.7

ISBN 978-7-5625-2180-8

I. 机…

II. ①杨…②陈…

III. 机械工程-专业学校-教材

IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 111146 号

机械基础

杨伟桥 陈景春 主编

责任编辑:王安顺

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编:430074

电话:(027)87395799 67883511

传真:87399606 67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:380 千字 印张:15.625

版次:2007 年 7 月第 1 版

印次:2007 年 7 月第 1 次印刷

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

印数:1—5 000 册

ISBN 978-7-5625-2180-8

定价:22.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

关于新编职业教育课程改革规划系列教材(机电模具类)

编写说明

为了贯彻落实《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》和教育部《关于实施职业院校技能型紧缺人才培养培训工程的通知》等文件精神,根据《面向 21 世纪教育振兴行动计划》和教育部制定的教学指导方案的要求,中国地质大学出版社在全国范围内组织部分相关的高职、中职院校的骨干教师编写新编职业教育课程改革规划系列教材。

多年以来,我国职业教育机电、模具类专业以往的课程教材体系一直沿用的是机械制图、机械工程力学、金属工艺学、机械设计基础、电工基础、公差配合与技术测量等课程的设置方式,实行传统的学科本位教学模式。这种文化基础课、专业基础课和专业课严格区分的“三段式”教学模式重理论,轻实践;重知识,轻技能;课程之间缺乏联系,学科之间不便交融;课程门类繁多,内容较深,学生很难理解和掌握;培养出的学生难以适用于社会实践。为此,本系列教材编写以职业需求为出发点,以职业岗位(岗位群)的需要为依据,以现行职业教育课程、教材的弊端为突破口,借鉴各高、中职业院校的教学实际,广泛征求意见,确立了“以能力为本位”的指导思想,以“实用、够用”为培养原则,对课程内容进行了较大幅度的调整。如把《极限配合与技术测量》公差配合部分的内容并入到《机械制图》中;把技术测量部分内容并入到《机械制造技术》课程之中;把工程力学、金属材料、机械设计基础等内容合编成《机械工程基础》;把《电工基础》与《电子技术》合编成《电工与电子技术基础》;删去以前较复杂的理论,加强了实训部分;同时为了与岗位需求相适应,在《机械制图》中增加了计算机绘图等内容,并配有习题集。

本系列教材切实本着理论知识培养以“切实、够用”为基本原则,强调“知识与技能型”,着重培养学生的动手能力,着力实现职业技术岗位之间的“零距离”、“零适应期”的教学指导思想,使学生完全具备各个岗位的知识能力和各种操作能力,更好地适用于当前机械加工技术专业及模具设计与制造专业的相关课程的教学需要。

希望各职业院校积极推广和选用本系列教材,并在使用过程中及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

编委会

2007 年 7 月

前 言

本书是根据中等职业教育课程改革要求编写的机械类专业系列教材之一。书中内容注重实用,突出职业教育特点。它将金属材料及其热加工方法、工程力学、机械基础等课程的基本内容,按照国家颁布的技术工人等级考核标准进行了改革,合为一体。精简了内容和课时,强化零件、材料等应用知识,以培养学生实际应用技能为主。教材结构面宽且有弹性,便于不同学制、不同行业学校灵活使用。

本书在编写时尽量扩宽教学思路、知识面与实用面,让学生学以致用,即培养学生对简单工程构件的分析与设计能力,初步具有分析机械功能、原理及使用一般机械的能力。内容组织以够用、实用和管用为指导思想,突出技能培养。理论上深浅适度,文字通俗易懂。图文对照,降低了学习难度。书中删减了艰深理论、公式的推导,加强实际应用与工程实例的介绍,强调定性分析与判断能力的培养,强化学生计算、看图、运用技术资料的能力。

全书分三篇共十三章,第一篇介绍工程材料及其热处理、铸造、锻压和焊接的基础知识;第二篇介绍工程构件的静力分析、杆件的变形与强度计算;第三篇介绍常用传动机构和常用机械零件的基础知识。各章后附有思考题与练习题,便于课后复习巩固,加深对课程内容的理解。书中三篇内容既相互联系,又自成体系,各学校可根据需要安排教学顺序。根据教学计划,教学课时为100~120学时。

针对本书内容,学生在学习后应达到如下要求:

1. 掌握常用工程材料的种类、性能和用途,初步具有选择零件材料及其热处理方法的能力;
2. 熟悉铸造、锻压、焊接等加工方法,了解其所用设备和工具,能初步选择零件毛坯;
3. 熟悉构件的受力分析、基本变形形式和强度计算;
4. 熟悉传动机构和常用机械零件的工作原理、特点和应用;
5. 初步具有分析一般机械功能和动作,使用和维护一般机械的能力。

参加本书编写的有:襄樊市机电工程学校杨胜先、陈景春,孝感工业学校杨伟桥、陈新华,随州市高级技工学校林涛、黄成金,湖北省自动化工程学校刘先春,四川遂宁民进中专刘大军,安徽机械工业学校李守柱,湖北省工业建筑学校李玉兰,襄樊市高级技工学校蒋咏民。杨伟桥、陈景春担任主编。

全书由孝感工业学校熊华云主审,并提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。限于编者的水平和经验,书中难免有缺点和错误,恳请使用本书的师生批评指正。

编 者

2006年11月

目 录

第一篇 工程材料及金属热加工基础

第一章 机械工程材料及热处理	(1)
第一节 金属材料的性能	(1)
第二节 常用工程材料	(6)
第三节 钢的热处理工艺	(19)
思考题	(27)
练习题	(27)
第二章 热加工基础	(29)
第一节 铸造	(29)
第二节 锻压	(40)
第三节 焊接	(55)
第四节 机械零件材料和毛坯的选择	(68)
思考题	(76)
练习题	(77)

第二篇 工程力学基础

第三章 构件的静力分析	(79)
第一节 力的概述与构件的受力分析	(79)
第二节 力矩与力偶	(84)
第三节 平面力系问题	(85)
第四节 摩擦 功率 机械效率	(90)
思考题	(92)
练习题	(93)
第四章 材料力学基础	(96)
第一节 构件的变形	(96)
第二节 构件的内力	(99)
第三节 应力与强度计算	(105)
思考题	(118)
练习题	(118)

第三篇 常用传动机构与机械零件

第五章 机械概述	(123)
第一节 基本概念	(123)

第二节 运动副及其分类.....	(125)
第三节 平面机构运动简图.....	(126)
思考题.....	(129)
第六章 常用机构.....	(130)
第一节 平面连杆机构.....	(130)
第二节 凸轮机构.....	(139)
第三节 间歇机构.....	(144)
思考题.....	(149)
练习题.....	(150)
第七章 螺纹联接与螺旋传动.....	(151)
第一节 螺纹的基本知识.....	(151)
第二节 螺纹联接的基本类型与螺纹联接件.....	(154)
第三节 螺旋传动.....	(160)
思考题.....	(162)
练习题.....	(162)
第八章 带传动与链传动.....	(164)
第一节 带传动.....	(164)
第二节 链传动.....	(169)
思考题.....	(173)
第九章 齿轮传动与轮系.....	(174)
第一节 齿轮传动.....	(174)
第二节 轮系.....	(184)
思考题.....	(188)
练习题.....	(188)
第十章 摩擦轮传动与蜗杆传动.....	(189)
第一节 摩擦轮传动.....	(189)
第二节 蜗杆传动.....	(192)
思考题.....	(198)
练习题.....	(198)
第十一章 轴、键、销.....	(200)
第一节 轴.....	(200)
第二节 键联接.....	(206)
第三节 销联接.....	(209)
思考题.....	(210)
第十二章 轴承.....	(211)
第一节 滑动轴承.....	(211)
第二节 滚动轴承.....	(216)
思考题.....	(224)
第十三章 其他常用机械零件.....	(225)

第一节 联轴器..... (225)

第二节 离合器..... (229)

第三节 制动器..... (232)

第四节 减速器..... (233)

第五节 弹簧..... (237)

思考题..... (240)

参考文献..... (241)

第一篇 工程材料及金属热加工基础

机械或机器的基础是机械零件,机械零件是由工程材料生产制造而成,工程材料及其加工方法决定了机械零件的性能、应用和寿命。本篇根据工程技术人员的实际要求,介绍常用工程材料的性能和应用、热处理、铸造、压力加工、焊接等知识,为合理选择材料和制订加工工艺打下基础。

第一章 机械工程材料及热处理

机械工程材料是指用来制造各种机械零件的材料,一般分为金属材料和非金属材料两大类。目前机械产品的生产是以金属材料,特别是钢铁材料为主,但高分子材料、陶瓷、复合材料等非金属材料以其丰富的来源及其特异性能,逐渐受到人们重视,应用日趋广泛。

第一节 金属材料的性能

金属材料的性能包括力学性能,物理、化学性能及工艺性能。在设计和制造机器零件时,必须先熟悉金属的各种主要性能,才能根据零件的技术要求,合理地选用所需的金属材料。

一般机器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载荷(外力)作用下抵抗变形或破坏的能力,主要有强度、刚度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。载荷按其性质分为静载荷和动载荷,材料在不同的载荷作用下会呈现不同的特性,可用相应的试验法来测定材料的各项力学性能指标。

一、强度和刚度

1. 强度

强度指材料在外力作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。金属材料受外力作用时,会引起其形状和尺寸的改变,称为变形。如果去掉外力材料能恢复原来的形状和尺寸,则为弹性变形;如果去掉外力材料不能恢复原来的形状和尺寸,则为塑性变形。

材料受外力作用时,在其内部产生一个与外力相平衡的抵抗力,称为内力。材料单位面积上的内力称为应力,用符号“ σ ”表示。

$$\sigma = \frac{F}{A_0} (\text{MPa})$$

式中: F ——外加载荷,N;

A_0 ——受力截面面积, mm^2 。

强度可以通过材料拉伸试验来测定。把标准拉伸试样(图 1-1)装夹在试验机上,对试样

逐渐施加拉力载荷,直至试样被拉断。根据试样在拉伸过程中所受载荷 F 和伸长量 Δl 的关系,测出该金属的拉伸曲线(图 1-2)。在拉伸曲线上可确定以下性能指标。

(1) 屈服强度与条件屈服强度 拉伸曲线中,载荷达到 s 点时,材料产生屈服现象,此时的应力称屈服强度,用“ σ_s ”表示。

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

式中: F_s ——试样屈服时所承受的外力,N。

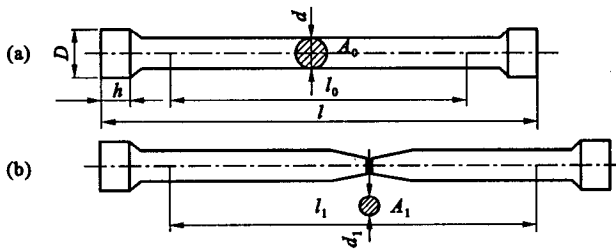


图 1-1 标准拉伸试样
(a) 拉伸前;(b) 拉伸后

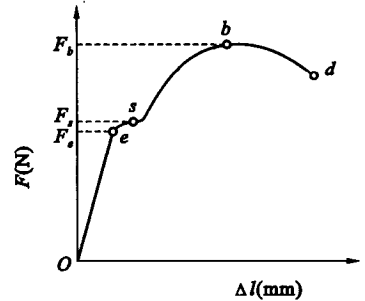


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

有不少金属拉伸时不出现明显的屈服现象,如铸铁、铜合金等。工程上规定,以试样残余伸长量为 0.2% 时的应力来表示,称条件屈服强度($\sigma_{0.2}$)。

屈服强度代表金属抵抗微量塑性变形的能力。大部分的零件和结构要求在弹性状态下工作时,不允许有过量塑性变形出现,此时, σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 是设计和选材的主要依据,如缸盖螺栓、炮筒等的选材。

(2) 抗拉强度 载荷达 F_b 后,试样在薄弱部分形成“缩颈”,最后断裂。 F_b 为试样断裂前所能承受的最大载荷,对应的应力为抗拉强度,用“ σ_b ”表示。

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

σ_b 测定比较容易,且与硬度、疲劳强度有着一定关系,所以 σ_b 也是衡量材料强度的一个重要指标,但要求零件的最大工作应力必须低于材料的抗拉强度,否则会导致机件破坏。

2. 刚度

在工程上,材料受外力作用时,抵抗弹性变形的能力称为刚度。刚度大小可以用弹性模量来衡量。弹性模量反映了材料弹性变形的难易程度,用“ E ”表示。

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} (\text{MPa})$$

弹性模量越大,弹性变形越不容易进行。设计机械零件时,要求刚度大的零件应选具有高弹性模量的材料。

二、塑性

塑性指材料在外力作用下,产生塑性变形但不断裂的能力。塑性的衡量指标有伸长率和断面收缩率。

1. 伸长率

伸长率即拉伸试样断裂后的标距长度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 ——试样原始标距长度,mm;

l_1 ——试样断裂后的标距长度,mm。

必须指出, δ 的大小与试样尺寸有关。根据 GB 228-87 规定,试样有 $l_0 = 5d$ 和 $l_0 = 10d$ 两种长度,分别用 δ_5 和 δ_{10} 表示。对同种材料而言,测得的 δ_5 比 δ_{10} 大一些,所以不同符号的伸长率不能进行比较。

2. 断面收缩率

断面收缩率即试样断裂后断口处的横截面积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_0 ——试样原始横截面积,mm²;

A_1 ——试样断口处的横截面积,mm²。

δ 和 ψ 越大,表示材料的塑性越好,良好的塑性是材料进行压力加工的必要条件。另外,万一零件超载,材料产生塑性变形并伴随形变强化,一定程度上保证了零件的安全性。

三、硬度

硬度是衡量材料性能的一个综合工程量或技术量,它是指材料表面上局部体积内抵抗塑性变形的能力。材料硬度越高,耐磨性越好,强度也比较高。

测定硬度的试验操作简便迅速,不破坏工件,设备也比较简单,而且硬度与其他的性能(如抗拉强度)之间存在着一定关系,所以硬度测试在生产中得到广泛应用。测定硬度的方法很多,目前常用的硬度试验有以下几种。

1. 布氏硬度

布氏硬度的试验原理如图 1-3(a)所示。将直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球,在规定载荷 F 的作用下压入被测材料表面,经规定保压时间后,卸除压力,然后测量压痕直径 d 。压痕单位面积上所承受的平均压力即为布氏硬度值,用符号“HBS(压头为钢球)”或“HBW(压头为硬质合金球)”表示。

$$\text{HBS(HBW)} = \frac{F}{A_{\text{压痕}}}$$

式中: F ——试验力,N;

$A_{\text{压痕}}$ ——压痕面积,mm²。

进行布氏硬度实验时,硬度值不需计算,只要测出压痕直径 d ,查金属布氏硬度数值表,即可得到相应的硬度值。布氏硬度的单位一般不标出,布氏硬度由数值、硬度符号和试验条件组成,例如 120 HBS10/1000/30。

布氏硬度试验测得的硬度值比较准确、稳定,目前主要用于测退火、正火和调质处理的钢、铸铁和非铁金属的硬度。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验原理如图 1-3(b)所示。用顶角为 120°的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm

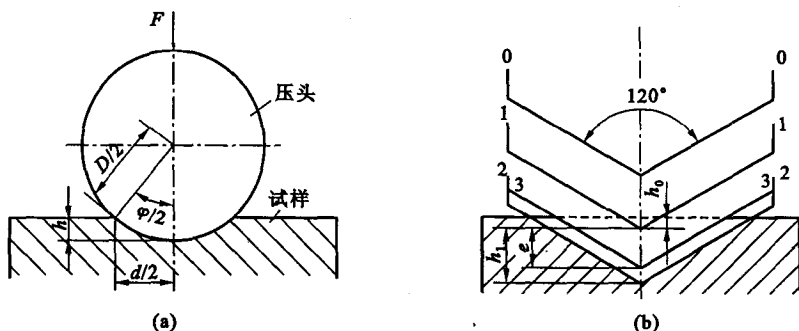


图 1-3 硬度试验原理示意图

(a) 布氏硬度试验原理示意图; (b) 洛氏硬度试验原理示意图

(1/16 英寸)的淬硬钢球压头,在初载荷和主载荷的作用下压入被测材料表面(图中的 0、1、2、3 分别表示压头的位置),经规定保压时间,卸除主载荷,测得压痕深度来测量硬度值。洛氏硬度用每 0.002mm 压痕深度为一硬度单位,用符号“HR”表示。

$$HR = k - \frac{h}{0.002}$$

式中: k ——常数,金刚石压头取 100,淬硬钢球压头取 130;

h ——卸除主载荷后测得的压痕深度,mm。

实际测量时,洛氏硬度可直接在洛氏试验机的刻度盘上读出硬度值。根据压头和外加载荷的不同,洛氏硬度值有三种不同标尺,分别用符号“HRA、HRB、HRC”表示,见表 1-1。

表 1-1 洛氏硬度试验规范

压 头	总载荷(N)	硬度值有效范围	应用举例
120°金刚石圆锥体	588	70~85 HRA	硬质合金、氮化层、渗碳层等
φ1.588mm 钢球	980	25~100 HRB	非铁金属、退火钢、正火钢等
120°金刚石圆锥体	1 470	20~67 HRC	淬火钢、调质钢等

注:总载荷=初载荷(98N)+主载荷

与布氏硬度试验相比,洛氏硬度试验简单、迅速,且压痕小,几乎不损伤工件表面,所以在工件的质量检查中应用最广。但由于压痕小,得到硬度值的重复性差一些,需在被测体的不同部位测量数点,取其平均值。

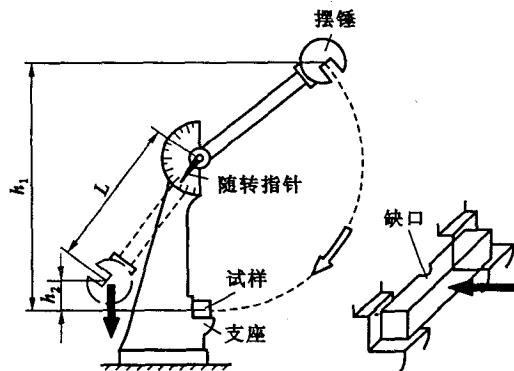


图 1-4 冲击试验原理示意图

四、冲击韧性

有许多机器零件和工具在工作时会受到冲击载荷作用,如冲床的冲头、锻锤的锤杆、内燃机活塞销与连杆等。金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力称为冲击韧性。常用摆锤式一次冲击试验测定材料的冲击韧性值,如图 1-4 所示。摆锤冲断试样所做的功称为冲击吸收功,数值可以从冲击试验机的刻度盘上直接读出,试样缺口处单位面积上所消耗的冲击吸收功称为冲

击韧性,用“ a_k ”表示。

$$a_k = \frac{A_k}{A} (\text{J/cm}^2)$$

式中: A_k ——冲击吸收功,J;

A ——试样缺口处的原始截面积, cm^2 。

a_k 值越高,材料的韧性越好,而且相应的塑性指标也较高,但塑性好的材料,其 a_k 值不一定高。生产实践证明,冲击韧性值受温度、试样形状、表面质量和内部组织等因素的影响,故通常不用于设计计算,但广泛用于检验材料冶炼和热加工后的质量。

必须指出,在冲击载荷作用下,工作的机器零件很少受大能量一次冲击而破坏,而是经过小能量多次重复冲击而破坏。因此,在一次冲断条件下测得的冲击韧性值,对判断材料抵抗大能量冲击能力方面有一定作用,但不适合承受小能量重复冲击的机件。研究表明,在冲击能量不大时,材料承受多次重复冲击的能力,主要取决于材料的强度和塑性的良好配合。

五、疲劳强度

弹簧、齿轮、连杆、轴承等许多机器零件,长期在交变载荷作用下工作,很多情况下零件发生断裂时的工作应力低于材料的弹性极限,这种现象称为疲劳。据统计,有 80% 的机件失效是由疲劳引起。

疲劳强度是指材料经无数次交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力值。在弯曲循环载荷下测得的疲劳强度用符号“ σ_{-1} ”表示。

材料发生破坏的原因,一般认为是由于材料内部缺陷、表面划痕和零件结构设计不当等引起应力集中,导致微裂纹产生,而且裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,致使零件不能承受所加载荷而突然破坏。为提高零件的疲劳强度,除改善其结构形状避免应力集中外,还可采取表面强化方法,如渗碳、渗氮、喷丸、表面滚压等。

六、材料的物理、化学性能和工艺性能

1. 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、导电性、导热性和磁性等。零件的用途不同,对材料的物理性能要求也不同,例如电机、电器零件要求材料的导电性好;车辆、飞机上的许多零件要求尽量减轻重量而常用铝合金、钛合金等轻金属;此外,电热元件等高温零件用高熔点金属,精密仪器仪表的零件用热膨胀系数小的金属。因此,选用金属材料时,除考虑机械性能外,还应使材料的物理性能符合要求。

2. 化学性能

金属材料的化学性能指材料抵抗周围介质侵蚀的能力,包括耐蚀性、耐热性、抗氧化性等。对于在腐蚀介质中或高温下工作的零件,应选用有相应化学性能的金属材料。如化工设备、医疗器械可用不锈钢,各种加热炉、内燃机中的零件需用耐热钢。

3. 工艺性能

工艺性能指金属材料对零件制造工艺的适应性,包括铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性和热处理工艺性等。

在设计零件和选择工艺方法时,材料的工艺性能好,则产品产生缺陷的倾向性小,产品质

量容易保证。例如铸铁有很好的铸造性和切削加工性,但锻造性极差,所以只能铸造,不能锻造。

各种加工方法的工艺性能,将在以后有关章节中分别介绍。

第二节 常用工程材料

常用工程材料包括钢、铸铁、有色金属等金属材料和高分子材料、陶瓷及复合材料等非金属材料。金属材料种类多、性能好,在工业生产中得到广泛应用。非金属材料有着一些特别的性能,而且原料来源广,资源丰富,因此已经成为工程材料中不可缺少的部分。

一、碳素钢

碳素钢也称碳钢,它的主要成分是铁和碳,还含有少量的硅、锰、磷、硫等杂质元素。碳钢不仅冶炼简便,价格低廉,而且在一般情况下能满足使用性能的要求,是工业上用量最多的金属材料。

碳钢中的杂质元素对钢的性能有一定影响。其中硅、锰元素是脱氧时残留在钢中的有益元素,能使钢中的 FeO 还原,溶入铁素体中的硅和锰能提高钢的强度。但作为杂质存在时,硅在钢中的含量一般不超过 0.4% ,锰一般为 $0.25\% \sim 0.80\%$ 。硫、磷属于有害元素,硫与铁形成的低熔点共晶体 ($\text{Fe} + \text{FeS}$) 分布在晶界上,形成热脆,会导致钢在热加工时的开裂。而磷与铁形成的脆性化合物 Fe_3P 使钢常温时的塑性、韧性急剧下降,即形成冷脆,因此钢中的硫、磷含量应严格控制。

(一) 碳钢的分类

碳钢的分类方法主要有以下几种:

- (1) 按含碳量分 低碳钢 $\omega_c \leq 0.25\%$ 、中碳钢 $0.25\% < \omega_c \leq 0.60\%$ 、高碳钢 $\omega_c > 0.60\%$ 。
- (2) 按质量分 普通碳素钢 $\omega_s \leq 0.050\%$, $\omega_p \leq 0.045\%$; 优质碳素钢 $\omega_s \leq 0.035\%$, $\omega_p \leq 0.035\%$; 高级优质碳素钢 $\omega_s \leq 0.020\%$, $\omega_p \leq 0.030\%$ 。
- (3) 按用途分 碳素结构钢、碳素工具钢。
- (4) 按冶炼方法分 平炉钢、转炉钢(氧气转炉、空气转炉)、电炉钢。
- (5) 按钢的脱氧程度分 沸腾钢(钢号后标“F”)、镇静钢(用“Z”表示,不标出)、半镇静钢(钢号后标“b”)。

(二) 碳钢的牌号、主要性能及用途

钢铁产品的种类繁多,为了正确选择和合理使用,必须熟悉碳钢的牌号、性能和用途。下面按用途和质量介绍碳钢的牌号、性能和用途。

1. 碳素结构钢

这类钢冶炼容易,工艺性好,价廉。通常热轧成板料、带料、型钢等,可供焊接、铆接、栓接的构件使用,一般使用时不再进行热处理。

碳素结构钢的牌号由代表屈服点的字母 Q 和屈服点数值、质量等级符号(共分 A、B、C、D 四级)及脱氧方法符号四个部分按顺序组成。常用碳素结构钢的牌号和用途见表 1-2。

2. 优质碳素结构钢

这类钢硫、磷含量较少,并可进行热处理,常用于制造机械零件。

表 1-2 常用碳钢的牌号、性能及用途举例

分类	牌号	试样尺寸	力学性能						用途举例
			σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	σ_b (MPa)	$\delta_5(\delta)$ (%)	a_k (J/cm ²)	退火 HB	淬火 HRC	
							≤	≥	
碳素结构钢	Q195	≤16	195	315~430	33				制造薄板、钢丝、钢管、地脚螺丝、铆钉等
	Q215		215	335~450	31				
	Q235		235	375~500	26				钢筋、型钢、中厚板、铆钉、道钉、拉杆、螺栓等
	Q255		255	410~550	24				
	Q275		275	490~630	20				鱼尾板、农业机械用型钢及异型钢等
优质碳素结构钢	08F	25	175	295	35				塑性好,可制薄板、冷冲压零件
	10		205	335	31				制造冲压件及焊接件,经渗碳处理后,也可制作轴、活塞销等零件
	15		225	375	27				
	20		245	410	25				
	25		275	450	23	71			
	30		295	490	21	63			调质后,综合机械性能良好,用于制造齿轮、轴类、套筒、连杆、活塞杆等
	35		315	530	20	55			
	40		335	570	19	47	187		
	45		355	600	16	39	197		
	50		375	630	14	31	207		淬火、中温回火后,具有较高弹性和屈服强度,一定韧性,主要用于各类弹簧,如螺旋簧、板簧等,也可制造轧辊、凸轮等耐磨件
	55		380	645	13		217		
	60		400	675	12		229		
	65		410	695	10		229		
	70		420	715	9		229		
碳素工具钢	T7						187	62	硬度高、韧性较好,可制造扁铲、改锥、手钳、大锤等工具
	T8						187	62	制造冲头、手锯条、剪刀、压缩空气工具及木工工具等
	T9						192	62	硬度高、韧性适中,制作冲模、凿子等工具
	T10						197	62	冲模、钻头、丝锥、车刀、拉丝模等
	T11						207	62	
	T12						207	62	硬度高、韧性较低,制作锉刀、刮刀、剃刀等
	T13						217	62	刃具以及量规、样套等量具
铸钢	ZG200-400		200	400	(25)	30			各种机座、变速箱壳体等
	ZG230-450		230	450	(22)	25			砧座、外壳、轴承盖、箱体、阀体、底板等
	ZG270-500		270	500	(18)	22			轧钢机机架、横梁、缸体、飞轮、蒸汽锤等
	ZG310-570		310	570	(15)	15			大齿轮、曲轴、轧辊、制动轮、联轴器等
	ZG340-640		340	640	(10)	10			棘轮、齿轮、联轴器等

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示,该数字表示钢中平均含碳量的万分数。例如 45 钢,平均 $\omega_c = 0.45\%$ 。根据钢中含锰量的不同,优质碳素结构钢分为两组,第一组为正常含锰量($\omega_{Mn} < 0.8\%$),第二组为较高含锰量($\omega_{Mn} = 0.7\% \sim 1.2\%$)。为了区别,第二组在牌号后加上“Mn”的符号。常用优质碳素结构钢的牌号、性能及用途见表 1-2。

3. 铸钢

对于形状复杂、力学性能要求高的零件,铸铁难以满足其性能要求,常用铸钢来制造。

铸钢的牌号是用字母“ZG”加上两组数字组成。“ZG”是“铸钢”的汉语拼音字首,第一组数字表示最小屈服强度值,第二组数字表示最小抗拉强度值。常用铸钢的牌号、性能及用途见表 1-2。

4. 碳素工具钢

这类钢经淬火和低温回火后,具有高硬度和耐磨性,主要用于制造刀具、模具和量具。

碳素工具钢的牌号用字母“T”加数字表示。“T”是“碳”字汉语拼音字首,数字表示钢中平均含碳量的千分数,若为高级优质工具钢,在牌号后加“A”,如 T12、T12A。常用碳素工具钢牌号、性能及用途见表 1-2。

二、合金钢

由于生产和科学技术的不断发展,碳钢的性能已经不能满足零件各方面更高的要求,如高淬透性、高屈服比、耐蚀、耐热、耐磨性和电磁性等。于是,人们在碳钢中有目的地加入一些元素,形成了合金钢。常加入的合金元素有 Si、Mn、Cr、Ni、Mo、W、V、Ti、Al、B、RE 等。

合金元素的加入对钢的影响主要有以下几个方面:

(1) 大多数合金元素能溶入铁素体,提高钢的强度和硬度,但钢的塑性和韧性下降。有些合金元素,如 W、Mo、V、Ti、Cr 等,它们能与碳作用形成碳化物,提高钢的强度、硬度和耐磨性,且对塑性影响不大。

(2) 除 Mn、P 外,大多数合金元素都能阻碍加热时奥氏体晶粒的长大,细化奥氏体晶粒,使钢的强度和韧性显著提高。

(3) 除 Co 元素外,所有溶入奥氏体的合金元素都能稳定奥氏体,提高钢的淬透性。

(4) 提高了钢的回火稳定性,使淬火应力得到消除,并使钢在高温时的强度和硬度提高。

(一) 合金钢的分类与牌号表示方法

合金钢的分类方法有:

(1) 按所含合金元素总量分 低合金钢 $Me \leq 5\%$ 、中合金钢 $5\% < Me \leq 10\%$ 、高合金钢 $Me > 10\%$ 。

(2) 按钢中主要合金元素分 铬钢、铬镍钢、锰钢、硅锰钢等。

(3) 按组织状态分 珠光体钢、马氏体钢、铁素体钢、奥氏体钢和莱氏体钢等。

(4) 按用途分 合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢。

合金钢的牌号是采用数字加元素符号及其含量的方法来表示。在牌号首位用数字标明钢的平均碳含量,结构钢用万分数为单位的数字(两位数)表示,工具钢和特殊性能钢用千分数为单位的数字(一位数)表示,而工具钢的 $\omega_c \geq 1\%$ 时不标出。在钢中加入的主要合金元素的符号及其含量在碳含量的数字之后,合金元素的平均含量 $Me < 1.5\%$ 时不标出, $Me \geq 1.5\%$ 时用整数标出,如 20CrMnTi 钢、Cr12MoV 钢。

对于高级优质钢,在牌号尾部加“A”表示,如 38CrMoAlA 钢。另外,少数钢的牌号表示有例外,如热强钢 15CrMo 的牌号与结构钢相同,W18Cr4V 的 $\omega_c < 1\%$,并未标出。

专用钢在牌号的头或尾部加其用途的汉语拼音字首,如 GCr15 表示 $\omega_c \approx 1\%$ 、 $\omega_{Cr} \approx 1.5\%$ (Cr 含量用千分数表示)的滚动轴承钢,Y40Mn 表示 $\omega_c = 0.40\%$ 、 $\omega_{Mn} < 1.5\%$ 的易切削钢等。

(二) 合金结构钢

合金结构钢指用于制造重要工程结构和机器零件的钢。根据其含碳量、热处理特点及性能、用途的不同,常用合金结构钢有:

1. 低合金结构钢

低合金结构钢是结合我国资源条件而发展的钢种。钢中 $\omega_c < 0.2\%$, $Me \leq 5\%$,成本较低,通常在热轧空冷状态下使用。

这类钢具有较高强度和韧性,还有良好的焊接性能、冷成形性能和耐蚀能力。目前广泛应用于桥梁、车辆、建筑、船舶、容器等工程结构。例如:用 Q345 代替 Q235 制造工程结构时,重量可减轻 $20\% \sim 30\%$,耐大气腐蚀性提高 $20\% \sim 38\%$ 。常用牌号:Q345(16Mn)、Q420(15MnVN、14MnVTiRE)、Q390(16MnNb)、Q295(09MnNb)等。

2. 合金渗碳钢

渗碳钢是在低碳钢的基础上加入 Cr、Mn、Ti、V 等元素形成的钢种,主要用于制造汽车、拖拉机中的变速齿轮、内燃机的凸轮轴、活塞销、飞机及坦克的曲轴等零件。经渗碳、淬火和低温回火后,零件表面获得高硬度及耐磨性,心部抗冲击能力好。常用牌号:20Cr、20MnV、20CrMnTi、20SiMnVB、18Cr2Ni4WA、20Cr2Ni4A 等。

3. 合金调质钢

调质钢指含碳量在 $0.25\% \sim 0.50\%$ 之间,经调质处理后使用的钢。钢中加入的 Si、Mn、Cr、Ni、B 等元素提高了淬透性,Mo、W 的加入消除了回火脆性。钢经调质后具有良好的综合力学性能,广泛用于制造机器上的各种重要零件,如齿轮、轴类件、连杆、高强螺栓等。常用牌号:40Cr、40MnB、35CrMo、40CrNiMoA、37CrNi3 等。

4. 合金弹簧钢

弹簧是利用弹性变形吸收能量或储存能量,以缓和振动和冲击。因此要求弹簧具有较高的弹性极限及疲劳强度,足够的塑性和韧性。其含碳量一般在 $0.45\% \sim 0.70\%$ 之间,加入 Si、Mn、Cr、V、W 等合金元素,提高淬透性,强化铁素体。

这类钢通常经淬火、中温回火后使用,主要用于制造各种弹簧及弹性元件,如板簧、螺旋簧、气阀簧等。为进一步提高弹簧的使用寿命,可利用形变热处理或喷丸处理进行表面强化。对小直径($d < 8\text{mm}$)弹簧,用冷拉钢丝冷卷成型,经 $200 \sim 300^\circ\text{C}$ 去应力处理后使用,不需淬火。常用牌号:65Mn、55Si2Mn、50CrVA、60Si2CrVA 等。

5. 滚动轴承钢

滚动轴承钢是用于制造滚动轴承的滚动体、内外套圈等的专用钢,也可用于制造精密量具、冷冲模、机床丝杆等耐磨件。根据轴承的工作条件,要求轴承钢具有高硬度和耐磨性,高的接触疲劳强度,足够的韧性和淬透性,在大气或润滑介质中有一定的耐蚀性能和良好的尺寸稳定性。因此,轴承钢常用高碳铬钢,含碳量为 $0.95\% \sim 1.10\%$,含铬量为 $0.5\% \sim 1.65\%$ 。

轴承钢的热处理为球化退火、淬火和低温回火。常用牌号:GCr9、GCr15、GCr15SiMn、GCr9SiMn 等(“G”为“滚”字汉语拼音字首)。

(三) 合金工具钢

合金工具钢按用途分为刀具钢、模具钢和量具钢三类。

1. 合金刀具钢

刀具工作时,受到复杂切削力作用,刃部与切屑间还产生大量切削热,因此刀具钢要求具有高硬度和高耐磨性,良好的热硬性,足够的强度和韧性。

合金刀具钢分为低合金刀具钢和高速钢两类。

低合金刀具钢的最高工作温度不超过 300℃,经淬火和低温回火后,具有高硬度和高耐磨性,且热处理变形小,主要用于制造形状复杂的低速切削工具,如丝锥、板牙、铰刀、拉刀等,也常用于冷冲模、量规。常用牌号:9SiCr、CrWMn、9Mn2V 等。

高速钢中加入大量 W、Mo、Cr 等元素,经高温淬火和多次回火后,具有很高硬度、耐磨性和热硬性,高速切削时刃部温度可达 600℃,主要用于制造各种高速切削刀具,如铣刀、车刀、钻头、齿轮刀具等。常用牌号:W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2、W18Cr4V2Co8 等。

2. 模具钢

冷模具钢用于制造各种冷冲模、冷镦模、冷挤压模和拉丝模等,工作温度不超过 200~300℃。冷模具钢经淬火和回火后,应具有高硬度和高耐磨性,足够韧性和疲劳强度,热处理变形小。常用牌号:9Mn2V、9SiCr 和 CrWMn 用于要求不高的冷模具;Cr12、Cr12MoV 用于大型冷模具或重载、复杂的模具。

热模具钢用于制造各种热锻模、热压模、压铸模等。工作时型腔温度可达 600℃以上。这类钢经淬火和回火后应具有高的抗氧化性和热疲劳抗力、高的热强性和足够的韧性,对大型模具,必须有好的淬透性和导热性。常用牌号:5CrMnMo 和 5CrNiMo 用于热锻模;3Cr2W8V 用于热压模、压铸模等。

3. 合金量具钢

量具钢用于制造卡尺、塞规、块规、千分尺等测量工具。量具在使用过程中主要受磨损,要求有高硬度和耐磨性、高的尺寸稳定性。因此量具钢淬火后要进行冷处理,高精度量具在低温回火后要进行时效处理。量具钢没有专用钢,常用牌号及用途见表 1-3。

表 1-3 常用量具钢的牌号及用途举例

牌 号	用 途 举 例
15、20、20Cr、50、55、60、60Mn、65Mn	简单样板、卡规、大型量具
T10A、T12A、9SiCr	低精度的塞规、块规和卡尺
CrMn、CrWMn、Cr2、GCr15	高精度量规、块规、千分尺、螺旋塞头及形状复杂的样板
4Cr13、9Cr18	耐蚀量具

(四) 特殊性能钢

特殊性能钢指具有特殊的物理、化学性能的钢。它的种类很多,常用的有不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

1. 不锈钢

不锈钢指在大气、水、酸、碱和盐类溶液中具有高的抗腐蚀能力的合金钢,也称为耐蚀钢或