



浙江省重点教材建设项目

普通高等院校工程训练系列规划教材

机电工程训练教程

——机械制造技术实训

徐向纮 赵延波 主编
傅水根 主审

普通高等院校工程训练系列规划教材

机电工程训练教程

——机械制造技术实训

徐向炫 赵延波 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是按照教育部机械基础课程教学指导委员会工程材料及机械制造基础课程指导组制定的《机械制造实习教学基本要求》，结合浙江省部分高校的实训方式、实训内容、实训条件编写的。本书以培养学生工程意识、工程素质、工程实践能力、提高学生的创新精神和创新能力为目的，介绍机械制造的基本知识、常用的加工方法、加工设备，突出质量检验方面的内容。同时，还重视对所学知识、技能的综合应用，编写了机械制造综合实训内容。

本书共 14 章，主要内容包括：概述、机械制造基础知识、铸造、压力加工、焊接与切割、车削加工、铣削加工及其他切削加工方法、磨削加工、钳工、数控加工、特种加工、计算机辅助设计与制造、机械零件几何量检测、机械制造综合实践等。

本书可供普通高等院校工科类专业机械制造实训教学使用，也可供相关工程技术人员参考。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机电工程训练教程：机械制造技术实训/徐向统，赵延波主编.--北京：清华大学出版社，2013
普通高等院校工程训练系列规划教材
ISBN 978-7-302-33000-4

I. ①机… II. ①徐… ②赵… III. ①机电工程—高等学校—教材 ②机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 147742 号

责任编辑：庄红权 洪 英

封面设计：傅瑞学

责任校对：赵丽敏

责任印制：何 芊

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者：北京世知印务有限公司

装 订 者：三河市溧源装订厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：18.75

字 数：451 千字

版 次：2013 年 9 月第 1 版

印 次：2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数：1~3000

定 价：36.00 元

产品编号：034155-01



本书是按照教育部机械基础课程教学指导委员会工程材料及机械制造基础课程指导组制定的《机械制造实习教学基本要求》，结合浙江省部分高校的实训方式、实训内容、实训条件编写的。本书以培养学生工程意识、工程素质、工程实践能力、提高学生的创新精神和创新能力为目的，介绍机械制造的基本知识、常用的加工方法、加工设备，机械加工基本的操作技能。

本书的主要内容包括：概述、机械制造基础知识、铸造、压力加工、焊接与切割、车削加工、铣削加工及其他切削加工方法、磨削加工、钳工、数控加工、特种加工、计算机辅助设计与制造、机械零件几何量检测、机械制造综合实践等。

本书具有如下特点：

(1) 突出机械加工质量检验、检测方面的实训内容，如机械零件几何量检测，铸件、焊件缺陷的检验等内容。

(2) 注重对学生综合实践能力的培养。设置了机械制造综合实践内容。

(3) 注重对学生安全意识的培养。除了在每一个实践环节中安排安全操作规程和安全生产注意事项等内容外，还设置了安全生产基本知识(包括安全生产的概念、事故成因理论、机械制造技术实训中的安全生产)。

(4) 注重对学生基本操作技能的培养。除对机械制造的基本理论、基本方法、常用工程材料等介绍外，还对基本操作技能的操作要点做了十分详细的介绍。

本书可供普通高等院校工科类专业机械制造实训教学使用，也可供相关工程技术人员参考。

本书由中国计量学院徐向纮、赵延波主编，由清华大学傅水根教授担任主审。参加本书编写的人员均为中国计量学院教师，具体分工如下：第1、2、14章，赵延波；第3章，潘亚苹；第4章，林萍；第5章，穆林娟；第6章，冯澍、林莉莉；第7章，叶旭东；第8章，郝隽；第9章，卢干；第10章，卢干、冯澍、林萍、郝隽；第11章，穆林娟、潘亚苹、柳静、叶旭东；第12章，卢干、柳静；第13章，陈建业。全书由徐向纮统稿。

本书为浙江省高校重点教材建设资助项目及中国计量学院重点教材建设资助项目。

由于编者水平有限，书中差错在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2013年8月



1 概述	1
1.1 机械制造概述	1
1.2 机械制造技术实训概述	3
2 机械制造基础知识	4
2.1 机械工程材料	4
2.2 金属的热处理方法	10
2.3 切削加工基础知识	13
2.4 安全生产基本知识	21
2.5 机械制造生产过程	23
3 铸造	26
3.1 概述	26
3.2 砂型铸造	27
3.3 铸造工艺设计	28
3.4 铸件质量分析及控制	31
3.5 特种铸造	33
3.6 铸造实习	34
4 压力加工	43
4.1 概述	43
4.2 锻造	44
4.3 板料冲压	47
5 焊接与切割	52
5.1 概述	52
5.2 手工电弧焊	53
5.3 气焊	58
5.4 气割	63
5.5 其他焊接方法简介	65
5.6 焊接缺陷与焊接检验	69
6 车削加工	74
6.1 概述	74

6.2	普通车床	75
6.3	车削刀具的基本知识	76
6.4	工件的装夹方法	78
6.5	车削加工实训	83
6.6	车削加工先进技术	93
7	铣削加工及其他切削加工方法	95
7.1	概述	95
7.2	铣床	98
7.3	铣刀及安装	104
7.4	铣削加工	107
7.5	其他切削加工方法	115
8	磨削加工	124
8.1	概述	124
8.2	磨床	126
8.3	砂轮	129
8.4	磨削的基本方法	132
9	钳工	136
9.1	划线	137
9.2	錾削	142
9.3	锉削	143
9.4	锯削	150
9.5	刮削	154
9.6	钻孔	157
9.7	攻螺纹与套螺纹	159
9.8	装配	162
9.9	钳工综合实践——典型零件加工	168
10	数控加工	171
10.1	数控加工概述	171
10.2	数控编程基础	174
10.3	数控车床编程及实例	180
10.4	数控铣床加工编程及实例	185
10.5	数控车床的操作	189
10.6	数控铣床操作	194
11	特种加工	202
11.1	电火花加工	202
11.2	数控电火花线切割加工	204
11.3	数控电火花线切割加工的设备	206

11.4	数控电火花线切割加工的程序编制	207
11.5	数控电火花线切割加工综合实践	221
11.6	快速原型制造技术	224
11.7	激光加工	228
12	计算机辅助设计与制造	229
12.1	CAD/CAM 技术概述	229
12.2	Mastercam 基础知识	233
13	机械零件几何量检测	255
13.1	基础知识	255
13.2	测量误差	256
13.3	测量器具及使用方法	257
13.4	典型零件检测实习	272
13.5	新技术的应用	274
14	机械制造综合实践	275
14.1	机械加工工艺过程设计	275
14.2	机械加工综合实训	285
	附录	289
	主要参考文献	291

概 述



1.1 机械制造概述

1.1.1 机械制造业在国民经济中的作用

机械制造业的主要任务就是完成机械产品的决策、设计、制造、装配、销售、售后服务及后续处理等,其中包括对半成品零件的加工技术、加工工艺的研究及其工艺装备的设计制造。机械制造业担负着为国民经济建设提供生产装备的重任,为国民经济各行业提供各种生产手段,其带动性强、波及面广。产业技术水平的高低决定着国民经济其他产业竞争力的强弱,以及今后运行的质量和效益。机械制造业也是国防安全的重要基础,为国防提供所需武器装备。世界军事强国,无一不是装备制造业的强国。机械制造业还是高科技产业的重要基础,为高科技的发展提供各种研究和生产设备。世界机械制造业占工业的比重不断上升。机械制造业的发展不仅影响和制约着国民经济与各行各业的发展,而且还直接影响和制约着国防工业和高科技的发展,进而影响到国家的安全和综合国力。

1.1.2 机械制造技术的发展过程

机械制造的历史是从制造工具开始的,人类在进化过程中,为了猎取食物,保护自己,开始使用并有意识地制造可以满足某种目的容易使用的工具,从事各种劳动。工具的数量不断地增加,加工技术也从打制、切割发展到磨制。

公元前 3140 年左右,人类发现了金属,学会了冶炼技术。

铸造是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺。中国在公元前 1700—前 1000 年之间已进入青铜铸件的全盛期,工艺上已达到相当高的水平。中国商朝的重 832.84kg 的后母戊方鼎是古代铸造的代表产品。

进入封建社会以后,冶铁技术普遍发展,在我国东周时,已开始使用铁制工具在卜骨上钻眼,春秋时的吴、越与楚等国已可炼制钢剑,在农业生产中也开始使用铁制农具、工具、兵器,这说明了从工具材料上又发生一次质的变化。

到封建社会时期为止,已经出现了一些雏形机床。这些机床中最古老的,有所谓树木车床及弓弦车床。我国明代宋应星在公元 1637 年所著《天工开物》一书中,记载了用来“琢磨玉石”的磨床。中世纪的欧洲出现了脚踏车床、机械弓锯床、水压传动的镗床与锻锤等。

在金属精密加工工艺方面,早在 2600 多年以前,我国已发明了铜镜。制铜镜的铜是一些合金,除铜外,还有锡、铅等金属。许多精巧的花纹都是铸出来的。我国古代制镜的高超技术,也说明当时已掌握超精加工铜表面技术,使之达到“镜面”的程度。

公元 1540 年,出现了用水力传动的卧式镗床。这是较早形式的水力传动的机床。公元 1668 年,我国出现了用畜力来代替人力作为机床动力的例子。

从 1775 年英国人 J. Wilkinson 为了加工瓦特蒸汽机的汽缸而研制成功镗床开始,到 1860 年,经历了漫长岁月后,车、铣、刨、插、齿轮加工等机床相继出现了。1898 年发明了高速钢,使切削速度提高了 2~4 倍。1927 年德国首先研制出硬质合金刀具,切削速度比高速钢刀具又提高了 2~5 倍。为了适应硬质合金刀具高速切削的需求,金属切削机床的结构发生了较明显的改进,从带传动改为齿轮传动,机床的速度、功率和刚度也随之提高。至今,仍然广泛使用着各种各样的齿轮传动的金属切削机床,但在结构、传动方式等方面,尤其在控制方面有了极大的改进。

加工精度可以反映机械制造技术的发展状况,1910 年时的加工精度大致是 $10\mu\text{m}$ (一般加工),1930 年提高到 $1\mu\text{m}$ (精密加工),1950 年提高到 $0.1\mu\text{m}$ (超精密加工),1970 年提高到 $0.01\mu\text{m}$,21 世纪初已提高到 $0.001\mu\text{m}$ (纳米加工)。

20 世纪 80 年代末期,美国为提高制造业的竞争力和促进国家的经济增长,首先提出了先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT)的概念,并得到欧洲各国、日本以及一些新兴工业化国家的响应。在 AMT 提出的初期,主要发展集中在与计算机和信息技术直接相关的技术领域方面,该领域成为世界各国制造工业的研究热点,取得了迅猛的发展和应用。这方面的主要成就有:

(1) 计算机辅助设计技术(computer aided design, CAD): 可完成产品设计、材料选择、制造要求分析、优化产品性能以及完成通用零部件、工艺装备和机械设备的设计与仿真工作。

(2) 计算机辅助制造技术(computer aided manufacture, CAM): 以计算机数控机床(computerized numerical control, CNC)、加工中心(machining center, MC)、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)为基础,借助计算机辅助工艺规程设计(computer aided process program, CAPP)、成组技术(group technology, GT)和自动化编程技术(automatic programming technology, APT)而形成,可实现零件加工的柔性自动化。

(3) 计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS): 把工厂生产的全部活动,包括市场信息、产品开发、生产准备、组织管理以及产品的制造、装配、检验和产品的销售等,都用计算机系统有机地集成为一个整体。

目前,工业发达国家在先进机械制造技术方面具有如下特点。

(1) 管理方面: 广泛采用计算机管理,重视组织和管理体制、生产模式的更新发展,推出了准时生产(just-in-time, JIT)、敏捷制造(agile manufacturing, AM)、精益生产(lean production, LP)、并行工程(concurrent engineering, CE)等新的管理思想和技术。

(2) 设计方面: 不断更新设计数据和准则,采用新的设计方法,广泛采用计算机辅助设计技术(CAD/CAM),大型企业开始无图纸的设计和生

(3) 制造工艺方面: 较广泛地采用高精密加工、精细加工、微细加工、微型机械和微米/纳米技术、激光加工技术、电磁加工技术、超塑加工技术以及复合加工技术等新型加工方法。

(4) 自动化技术方面: 普遍采用数控机床、加工中心及柔性制造单元 (flexible manufacturing cell, FMC)、柔性制造系统 (FMS)、计算机集成制造系统 (CIMS), 实现了柔性自动化、知识智能化和集成化。

1.2 机械制造技术实训概述

机械制造技术实训, 也称金工实习, 是高等工科院校教学计划中一门重要的实践性技术基础课程, 是高等院校学生综合素质培养过程中重要的实践教学环节之一。

通过本课程的学习, 可以使学生初步接触生产实际, 了解产品生产过程, 学习金属材料加工的基础知识, 对现代工业生产的运作方式有初步的认识。并在生产实践中, 建立工程意识, 提高工程素质, 增强工程实践能力, 培养创新意识和创新能力。

这门课程的主要内容包括: 金属成形、切削加工的基本方法以及所使用的设备、工具等的使用方法, 各种安全技术规程。通过学习, 可使学生初步具有对简单机械零件的加工能力和工艺分析能力。

本课程可分两个阶段进行。第一阶段为机械制造基础实训。它主要包括车削加工、铣削加工、磨削加工、钳工、铸造、锻压成形及热处理、焊接成形、数控车/铣加工、特种加工、CAD/CAM、机械零件质量检验等内容。第二阶段为机械制造综合实训。在这一实训阶段, 学生在具备初步的机械零件加工能力的基础上, 运用所学的各方面知识和技能, 通过构思、设计、工艺、加工、装配等完成一个实习作品的制作, 并写出总结报告。学生以小组合作的形式完成实习作品从设计到加工制作以及生产管理等机械产品生产的全过程工作。在设计制造中, 学生经常遇到如由于结构工艺性不合理等原因, 而使设计图纸上的构思不便实现甚至无法实现的情况。通过反复修改设计, 学生对加工方法的选择有更深刻的体会。在产品设计制造过程中, 通过发现问题、分析问题、解决问题, 使学生的工程实践能力、工程意识、工程素质得到培养和提高。

机械制造基础知识



2.1 机械工程材料

用于生产制造机械零件和工具及工程构件的材料,统称为机械工程材料。常用的机械工程材料有金属材料、非金属材料 and 复合材料等三大类(见图 2.1)。

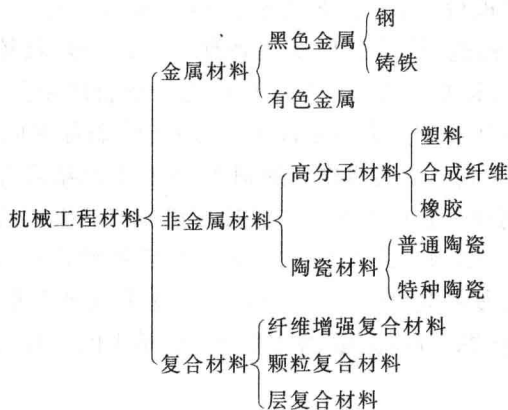


图 2.1 常用机械工程材料

2.1.1 金属材料的分类

在机械制造和工程上应用最广泛的是金属材料,金属分为黑色金属和有色金属。黑色金属是指铁和铁与其他元素形成的铁基合金,即一般所称的钢铁材料。合金是以一种基体金属为主(其含量超过 50%),加入其他金属或非金属(合金元素),经熔炼、烧结或其他工艺方法冶炼成的金属材料。有色金属是指除铁与铁合金以外的各种金属及其合金。此外还有粉末冶金材料、烧结材料等。由于金属材料具有制造机械产品及零件所需要的各种性能,容易生产和加工,所以成为制造机械产品的主要材料,约占机械产品总重量的 80%以上。合金材料可以通过调节其不同的成分和进行不同的加工处理获得比纯金属更多样化和更好的综合性能,是机械工程中用途最广泛、用量最大的金属材料。钢铁材料是最常用和最廉价的金属材料,其他常用的金属材料有铝、铜及其合金。

1. 钢铁材料

以铁为基体金属,以碳为主要的合金元素形成的合金材料包括碳素钢和铸铁。从理论上讲,钢中碳的质量分数为 $0.02\% \sim 2.11\%$ 。碳的质量分数低于 0.02% 为纯铁,高于 2.11% 就是铸铁了。此外,在一般的钢铁材料中,都会含有很少量的硅、锰、硫、磷,它们是因为钢铁冶炼而以杂质的形态存在于其中的。为了改善钢铁材料的性能而有意识地加入其他合金元素,则成为合金钢或合金铸铁。

钢的种类繁多,可按化学成分、品质、冶炼方法、金相组织和用途等不同的方法分类。如按化学成分分为碳素钢(以碳为主要合金元素)和合金钢(主要合金元素为非碳)两大类。按含碳量分为低碳钢(碳的质量分数低于 0.25%)、中碳钢(碳的质量分数 $0.25\% \sim 0.6\%$)、高碳钢(碳的质量分数高于 0.6%)。按在机械工程中的用途可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢三大类。按钢中所含硫、磷等有害杂质多少作为质量标准,可分为普通钢、优质钢和高级优质钢三大类等。

合金钢种类繁多,有多种分类方法。按所含合金元素的多少,分为低合金钢、中合金钢和高合金钢;按所含合金元素种类,可分为铬钢、铬镍钢、锰钢和硅锰钢等;按用途可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能合金钢三大类。

机械产品常用钢的分类如图 2.2 所示。

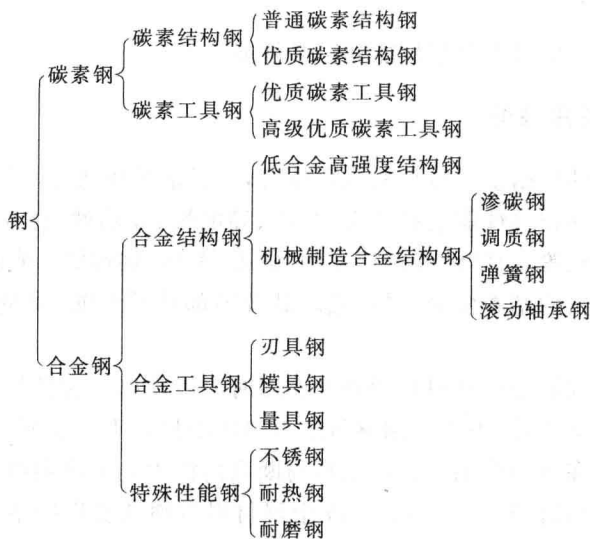


图 2.2 钢的分类

铸铁具有较好的机械性能、减振性、减磨性、低缺口敏感性等使用性能,良好的铸造性能、切削加工性能等工艺性能,生产工艺简单,成本低,因而成为机械制造工程中用途最广、用量最大的金属材料。铸铁常按其所含的碳的组织形态不同来分类。例如,碳以石墨态存在其中的有灰口铸铁(片状石墨)、球墨铸铁(球状石墨)、蠕墨铸铁(蠕虫状石墨)、可锻铸铁(团絮状石墨),碳以化合物(Fe_3C)态存在其中的为白口铸铁。铸铁中石墨碳的存在,特别是灰口铸铁中片状石墨碳的存在,严重地降低了铸铁的抗拉强度,尽管对抗压强度的影响不大,但也使铸铁的综合机械性能远不如钢好。

2. 有色金属

机械工程中常用的有色金属有铜及其合金、铝及其合金、滑动轴承合金等。

工业纯铜(紫铜)以其良好的导电性、导热性和抗大气腐蚀性而广泛地用于制造导电、导热的机械产品和零部件。铜合金主要有以锌为主要合金元素的黄铜、以镍为主要合金元素的白铜和以锌镍以外的其他元素为合金元素的青铜。铜合金一般用于制造有特殊物理性能或化学性能要求的机械产品和零部件。

工业纯铝也有较好的导电性、导热性和抗大气腐蚀性,且密度仅为铜的 $1/3$,价格又远较铜低廉,因此在很多场合都可代替铜。铝合金因加入的合金元素不同而表现出不同的使用性能和工艺性能,按其工艺性能可分为形变铝合金和铸造铝合金。形变铝合金塑性好,适于锻压加工,机械性能较高。铸造铝合金铸造性好,用于生产铝合金铸件。铝及其合金还广泛地用于制造电器、航空航天器和运输车辆。

滑动轴承合金主要用作制造滑动轴承内衬。它既可以是在软的金属基体上均匀分布着硬的金属化合物质点,如锡基轴承合金、铅基轴承合金;也可以是在硬的金属基体上均匀分布着软的质点,如铜基轴承合金、铝基轴承合金。

2.1.2 金属材料的性能

金属材料的性能一般分为使用性能和工艺性能。

1. 金属材料的使用性能

金属材料的使用性能指金属材料制成零件时,在正常工作状态下所具有的物理、化学和力学性能。金属材料的物理性能包括比重、熔点、导电性、导热性、磁性等,化学性能包括耐酸性、耐碱性、抗氧化性等,力学性能包括强度、硬度、塑性、韧性等。它们是进行机械产品及零部件设计时选用材料的基本依据,对机械产品及零部件的性能、质量、加工的工艺性及成本都有着关键的影响。

金属材料的力学性能是指材料在受外力作用时所表现出来的各种性能。由于机械零件大多是在受力的条件下工作,因而所用材料的力学性能显得十分重要。

强度是金属材料在外力作用下抵抗变形与断裂的能力。金属强度的指标主要是屈服点和抗拉强度。屈服点用符号 σ_s 表示,它反映金属材料对塑性变形的抵抗能力;抗拉强度用符号 σ_b 表示,它反映金属材料在拉伸过程中抵抗断裂的能力。

硬度是金属材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕的能力。硬度是衡量金属软硬的依据。常用的测定金属材料硬度的方法有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

布氏硬度试验法是用一个直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压头,在载荷 P 的作用下压入被测试材料或零件表面,保持一定时间后卸载,测量表面被压形成的压痕直径 d ,计算压痕的单位面积所承受的平均压力,以此作为被测试材料或零件表面的布氏硬度值。布氏硬度值用HB表示,其中,HBS表示用淬火钢球压头测量的布氏硬度值,适用于布氏硬度值低于450的金属材料;HBW表示用硬质合金球压头测量的布氏硬度值,适用于布氏硬度值为450~650的金属材料。布氏硬度试验法一般用于测量处于退火、正火和调质状态的

钢,以及灰口铸铁、有色金属等硬度不很高的金属材料。因其压痕较大,所以不宜测试薄板和成品件。布氏硬度试验法较为繁琐。

洛氏硬度试验法是用一锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或 $\phi 1.588\text{mm}$ 的淬火钢球为压头,在规定载荷作用下压入被测试的材料或零件表面,以压痕的深度衡量硬度值,并直接在洛氏硬度计上读数。洛氏硬度值用 HR 表示。洛氏硬度试验法操作简单迅速,压痕小,可测定薄板件,也适宜测试成品零件。根据试验规范不同,常用的洛氏硬度分为 HRA、HRB、HRC 三种。其中 HRC 广泛用于测定一般的经淬火、调质处理的钢件的硬度。

塑性是指金属材料在外力作用下发生不可逆永久变形的能力。塑性指标一般用金属受力而发生断裂前所达到的最大塑性变形量来表示。常用的塑性指标是伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ,两者的数值越大,表明材料的塑性越好。

韧性是指材料在断裂前吸收变形能量的能力,韧性高就意味着它在受力时发生塑性变形和断裂的过程中,外力需做的功较大。工程上最常用的韧性指标,是通过冲击试验测得的材料冲击吸收功 A_k 的大小来表示。

金属材料的使用性能是由其化学成分(钢铁材料中碳的含量,合金元素的种类、含量)和组织结构(生产、加工和热处理工艺所致)决定的。例如,结构钢中含碳量增加,会使钢的强度和硬度增加、塑性和韧性降低。钢中含硫、磷量增加会使钢的机械性能急剧下降,含硫量大导致热脆性,含磷量大导致冷脆性。锰和硅可以提高钢的强度和硬度,减少硫、磷对钢的机械性能的影响。加入镍、铬、钼、钨、钒、钛、锰、硅等合金元素,不仅可以改善材料的机械性能,还可获得高抗腐蚀性、高耐热性、高耐磨性、高电磁性等特殊的物理化学性能。

2. 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能指用金属材料加工制造机械零件及产品时的适应性,即能否或易于加工成零部件的性能,它是物理、化学和机械性能的综合。金属材料的工艺性能一般包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

铸造性能好的金属材料具有良好的液态流动性和收缩性等,能够顺利充满铸型型腔,凝固后得到轮廓清晰、尺寸和机械性能合格、变形及缺陷符合要求的铸件。

锻造性能好的金属材料具有良好的固态金属流动性,变形抗力小,可锻温度范围宽,容易得到高质量的锻件。

焊接性能好的金属材料焊缝强度高,缺陷少,邻近部位应力及变形小。

切削加工性能好的金属材料易于切削,切屑易脱落,切削加工表面质量高。

热处理性能好的金属材料经热处理后组织和性能容易达到要求,变形和缺陷少。

钢铁材料中碳和合金元素的种类、含量对工艺性能影响很大。例如,硫、磷、铅等合金元素可改善钢的切削加工性能,硫、磷、硅使钢的焊接性能和冷冲压性能变坏,镍、铬、钼、锰、硼等合金元素对钢的热处理性能有良好的影响。金属材料的工艺性能不同,加工制造的工艺方法、设备工装、生产效益就不相同,有时甚至会因此而影响产品零件的设计。因此,在机械产品开发时,必须对设计进行工艺性分析和审查,既要考虑产品和零件结构的工艺性又要考虑材料的工艺性。

2.1.3 常用钢铁材料的牌号及用途

1. 碳素钢

(1) 碳素结构钢。碳素结构钢牌号表示方法是由代表屈服点的字母(Q)、屈服点数值、质量等级符号(A、B、C、D)及脱氧方法符号(F、b、Z、TZ)等4个部分按顺序组成,如Q235-AF表示屈服点为235MPa、质量等级为A级的沸腾钢。常用的牌号有Q215、Q235A、Q255等。主要用于制造如开口销、螺栓、桥梁结构件等,用于不重要的机械零件。

(2) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的钢号用两位数字表示,即表示钢中平均碳的质量分数(万分之几),如45钢表示碳的质量分数为0.45%左右的优质碳素钢;若钢中含锰较高,则在钢号后面附以锰的元素符号,如65Mn。常用牌号有20、35、45钢等。用于制造轴、齿轮、连杆等重要零件。

(3) 碳素工具钢。碳素工具钢的钢号由“T+数字”组成,其中T表示碳,其后面的数字表示平均碳的质量分数(千分之几),如T8表示平均碳的质量分数为0.8%的碳素工具钢。含硫、磷量各小于0.03%的高级优质碳素工具钢,在数字后面加A表示,如T7A。常用的牌号有T8、T10、T12等,主要用于制造低速切削刀具、量具、模具及其他工具。

2. 合金钢

(1) 合金结构钢。其钢号由“数字+化学元素+数字”组成。前面数字表示平均碳的质量分数(万分之几)后面数字表示合金元素的质量分数(百分之几)。若合金元素质量分数小于1.5%时,钢号中只标明合金元素而不标含量。合金结构钢可分为普通低合金结构钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢等。

(2) 合金工具钢。合金工具钢的钢号与合金结构钢相同,只是含碳量的表示方法有所不同。若平均碳的质量分数在1%以下,则钢号前用一位数字表示,如9SiCr(平均碳的质量分数为0.9%);若平均碳的质量分数在1%以上或接近1%,则钢号前不用数字表示,如W18Cr4V。合金工具钢可分为刀具钢、模具钢和量具钢。

(3) 特殊性能合金钢。特殊性能合金钢有不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

3. 铸铁

(1) 灰口铸铁的牌号为“灰铁”汉语拼音字头HT加表示其最低抗拉强度(MPa)的3位数字组成。如HT100、HT150、HT350。灰口铸铁的抗拉强度、塑性、韧性较低,抗压强度、硬度、耐磨性、吸振性较好,缺口敏感性低,工艺性能较好,价格较低廉,因而广泛用于制造机器设备的床身、底座、箱体、工作台等,其商品产量占铸铁总产量的80%以上。

(2) 球墨铸铁的牌号为“球铁”汉语拼音字头QT加表示其最低抗拉强度(MPa)和最小伸长率(%)的两组数字组成,如QT600-3。球墨铸铁强化处理后比灰口铸铁有更好的机械性能,又保留了灰口铸铁的某些优良性能和价格低廉的优点,可部分代替碳素结构钢用于制造曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、汽缸体等重要零件。

(3) 蠕墨铸铁的牌号为“蠕铁”汉语拼音字头RuT加表示其最低抗拉强度(MPa)的3位

数字组成。蠕墨铸铁的机械性能介于灰口铸铁和球墨铸铁之间,可用于制造柴油机汽缸套、汽缸盖、阀体等。

(4) 可锻铸铁的牌号为“可铁”汉语拼音字头KT、加表示黑心可锻铸铁的汉语拼音字头H(或白心可锻铸铁B、珠光体可锻铸铁Z)、加表示其最低抗拉强度(MPa)和最小伸长率(%)的两组数字组成。如KTH300-06可锻铸铁的机械性能优于灰口铸铁,常用于制造管接头、低压阀门、活塞环、农机具等。

(5) 白口铸铁硬度极高,难以机械加工,可作耐磨件。

21.4 非金属材料

非金属材料泛指除金属材料之外的材料,主要有塑料、橡胶、合成纤维、陶瓷等。它们具有金属材料所没有的特性,应用甚广。

1. 塑料

(1) 按树脂在加热和冷却时所表现出的性能不同,分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料是以聚合树脂或缩聚树脂为主,一般加入少量稳定剂、润滑剂或增塑剂制成,其分子结构为线型或支链型。由于它加热时会变软,冷却时会变硬,再加热时又会变软,因此可以反复加工。优点是加工成型简便,废品回收后可以再利用。缺点是耐热性和刚性差。聚烯烃类、聚酰胺、聚甲醛等属于这一类。

热固性塑料是以缩聚树脂为主,加入各种添加剂而制成的,其分子结构为网状结构。这类塑料经过一定时间的加热或加入固化剂后,分子结构由线型变为网状结构,即固化成型。固化后的塑料质地坚硬、性质稳定,不再溶于溶剂中,也不能用加热方法使之软化,因而热固性塑料只可一次成型,废品不可回收利用。其优点是耐热性好,抗压性好。缺点是性能较脆,韧性差,常常需加入填料增强。如酚醛树脂、环氧树脂、氨基塑料、不饱和聚酯等属于这一类。

(2) 按塑料的应用范围不同,可分为通用塑料、工程塑料。

通用塑料主要指产量大、用途广、价格低的塑料。主要有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料等六大品种。它们的产量占塑料产量的75%以上,构成塑料工业的主体,是工农业生产和日常生活不可缺少的廉价材料。

工程材料指可以代替金属制造机械零件和构件的塑料。这类塑料强度、密度高,耐热性好,低温性能好,耐腐蚀,自润滑性和尺寸稳定性良好,具有良好的绝缘性能、减震性能、消声性能。因此在工程技术中得到了广泛的应用。

2. 橡胶

橡胶按原料来源分为天然橡胶和合成橡胶。合成橡胶按应用分为通用橡胶和特种橡胶。通用橡胶指用于制造轮胎、工业用品、日常生活用品的橡胶;特种橡胶指用于制造在特殊条件(如高温、低温、酸、碱、油、辐射)下使用的零件的橡胶。工业上常用的通用合成橡胶有丁苯橡胶、顺丁橡胶、丁基橡胶和氯丁橡胶等;特种合成橡胶有丁腈橡胶、硅橡胶和氟橡胶等。

3. 合成纤维

合成纤维是由呈黏流态的高分子材料,经喷丝工艺制成的。合成纤维一般都具有强度高、密度小、耐磨、耐蚀等特点,不仅广泛用于制作衣料等生活用品,在工农业、交通、国防等部门也有重要用途。常用的合成纤维有涤纶、锦纶和腈纶等。

4. 陶瓷

陶瓷是无机非金属材料,具有高的耐热、耐蚀、耐磨、抗压强度等性能,但脆而硬,抗拉强度低。陶瓷大体可分为普通陶瓷和特种陶瓷(又称现代陶瓷)两大类。

普通陶瓷主要指黏土制品,以天然的硅酸盐矿物为原料,经粉碎、成形、烧结制成的产品均属普通陶瓷,普通陶瓷又可分为日用陶瓷和普通工业陶瓷,普通工业陶瓷包括建筑陶瓷、卫生陶瓷、电器陶瓷、化工陶瓷等。

特种陶瓷又称现代陶瓷,是以高纯化工原料和合成矿物为原料,沿用普通陶瓷的工艺流程制备的陶瓷,特种陶瓷具有各种特殊力学、物理或化学性能。按性能特点和应用,可分为电子陶瓷、光学陶瓷、高硬陶瓷等;按化学成分又可分为氧化物陶瓷和非氧化物陶瓷。特种陶瓷还可分为结构陶瓷材料(或工程陶瓷材料)和功能陶瓷材料。结构陶瓷材料是指具有机械功能、热功能和部分化学功能的陶瓷材料;功能陶瓷材料指具有电、光、磁、化学和生物特征,且具有相互转换功能的陶瓷。

2.1.5 复合材料

复合材料是指两种或两种以上物理和化学性质不同的物质,通过人工的方法结合而成的工程材料。它由基体和增强相组成。基体起粘结剂作用,具有粘结、传力、缓裂的功能。增强相起提高强度(或韧性)的作用。复合材料能充分发挥组成材料的优点,改善或克服其缺点,所以优良的综合性能是其最大优点,已使之成为新兴的工程材料。复合材料按增强相形状可分为纤维增强复合材料、层压增强复合材料及颗粒增强复合材料。目前应用最多的是纤维增强复合材料。纤维增强复合材料起增强相作用的纤维,是承受载荷的主要部分,常用的有玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、涤纶纤维等。基体可用各种合成树脂,如环氧树脂等。玻璃钢是玻璃纤维/树脂的复合材料,应用较早。碳纤维树脂增强复合材料,密度小,比强度和比模量高,耐蚀和耐热性好,应用最为广泛。碳纤维增强复合材料常用于制作飞机、导弹、卫星的构件,轴承、齿轮等耐磨零件以及化工器件等。

2.2 金属的热处理方法

热处理是将金属或合金材料(零件)在固态下进行不同的加热、保温和冷却,通过改变合金内部(或表面)组织结构,从而获得所需性能的一种工艺方法。

热处理工艺是一种重要而独立的加工工艺,但它与其他的机械加工工艺有所不同,它的目的不是使零件最终成形,只在于提高零件的某些或综合力学性能,或改善零件的切削加工