

· 普通高等院校“十二五”规划教材

· 高等院校工程训练教材

金工实训教程

JINGONG SHIXUN JIAOCHENG

主 编 谭英杰

副主编 于松章 王国俊



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十二五”规划教材
高等院校工程训练教材

金工实训教程

主编 谭英杰
副主编 于松章 王国俊

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书根据教育部颁布的金工实习教学要求,结合高校工程教育实践能力和学生创新活动的培养,力求面向实践教学,着重培养学生的基本操作技能,为后续课程和现代工程训练、创新训练提供内涵丰富的平台。

本书共分 11 章,内容包括机械工程材料及热处理、铸造、锻压、焊接、钳工和机械加工的基本知识及各工种新技术、新工艺等。

本书可作为高等工科院校机械类、机电类及近机类专业工程训练的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实训教程 / 谭英杰主编. —北京:国防工业出版社, 2011. 4

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 07297 - 6

I. ①金... II. ①谭... III. ①金属加工-实习-高等学校-教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 032312 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 412 千字

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

本书根据国家教育部颁布的“金工实习教学基本要求”,在认真总结了多年的金工实习教学改革和工程训练的基础上,为适应目前高等院校本科机械类专业工程训练和机械制造工程类教学内容与体系改革的需要,加强对学生工程能力和创新能力的培养,使学生获得工程背景下制造技术感性和理性知识,并具有初步的操作技能,为以后的专业学习和工作奠定必要的基础,我们编写了本教材。

本书的内容贯彻了易广不易深、易新不易旧、易精不宜多的原则,增加工艺实践内容,增强了实践动手能力的培养,充实了一些目前工业生产中使用的新工艺、新方法,尽量体现现代机械制造实践教学要求,既注重学生获取知识的能力,建立制造系统、制造过程的概念,又力求培养学生分析问题与解决工程技术实际能力和创新能力。我们力求通过本书的编写,推动高等院校课程教学的深化改革和建设,不断提高课程的教学质量,将机械制造工程基础实践训练建设成为一门高质量的实践性技术基础课。

本书可作为高等工科院校机械类、机电类、电子类、化工类、环境保护等工科类专业工程训练的教材,也可供有关工程技术人员参考。

本书由谭英杰副教授任主编,于松章、王国俊任副主编。其中王国俊编写第1~4章,于松章编写第5、6章,左义海编写第7、8章,李雅青编写第9、11章,谭英杰编写第10章。

仇志余教授担任主审、并统稿,对本教材的编写思想、结构和特色等均提出了很好的建议。

本书在编写过程中,参考了有关文献资料,在此对相关作者深表感谢。由于编者水平有限,书中难免有欠妥之处,敬请读者给予批评指正。

编 者
2010年5月

目 录

第1章 机械工程材料	1
第1节 概述	1
第2节 常用金属材料	1
第3节 常用的非金属材料 and 复合材料	7
第4节 钢的普通热处理	9
第5节 其他热处理方法	15
第6节 常用热处理设备	21
第2章 铸造	23
第1节 概述	23
第2节 铸造基本原理	23
第3节 砂型铸造	27
第4节 砂型铸造工艺	37
第5节 特种铸造	47
第6节 金属的熔炼和浇注	53
第7节 铸件常见缺陷分析	59
第8节 铸造新技术、新工艺简介	61
第3章 压力加工	65
第1节 概述	65
第2节 金属的塑性变形	66
第3节 锻造	69
第4节 冲压	79
第5节 锻压基础知识	84
第6节 锻造新工艺、新技术简介	86
第4章 焊接	88
第1节 概述	88
第2节 金属材料的可焊性	89
第3节 常用的焊接方法	91
第4节 其他焊接方法	102
第5节 焊接工艺设计及质量缺陷分析	111
第6节 焊接新技术、新工艺简介	114
第5章 钳工	116

第1节	概述	116
第2节	常用量具	116
第3节	划线	122
第4节	锯割	127
第5节	锉削和刮削	130
第6节	钻削加工	135
第7节	攻螺纹和套螺纹	140
第8节	铰削	143
第9节	机器的装配和拆卸	144
第6章	车削	148
第1节	概述	148
第2节	车削运动	148
第3节	卧式车床	149
第4节	车刀的结构、刃磨及其安装	159
第5节	车削加工	165
第6节	零件的车削	168
第7节	典型零件的车削工艺	181
第8节	其他车床	186
第7章	铣削加工	189
第1节	概述	189
第2节	铣床及其附件	190
第3节	铣刀种类及应用	196
第4节	铣削运动及铣削用量	199
第5节	铣削加工	200
第8章	刨削、插削和拉削	213
第1节	概述	213
第2节	机床简介	214
第3节	刨削加工	219
第4节	插削	223
第5节	拉削	224
第9章	磨削加工	227
第1节	概述	227
第2节	砂轮	228
第3节	常用磨削机床	232
第4节	磨削加工	236
第10章	塑料成型基础	245
第1节	概述	245

第2节	塑料的组成及分类	245
第3节	塑料成型方法	249
第11章	现代机械制造技术	260
第1节	概述	260
第2节	现代机械自动化制造技术	260
第3节	现代机械制造特种加工技术	264

第1章 机械工程材料

第1节 概述

材料是发展国民经济和机械工业重要物质基础。工程材料主要是指制造机器零件使用的材料,主要包括金属材料、非金属材料和复合材料,在机械工程中,金属材料的发展悠久,因具有良好的物理、化学、力学和工艺性能,得到广泛的应用。随着科技的进步,推动了材料工业的发展,而且科技的进步也对材料的要求越来越高,非金属材料和复合材料得到了迅猛发展,新材料不断涌现。非金属材料如陶瓷、橡胶等的发展历史也十分悠久,因这些非金属材料具有某些金属材料不具备的性能,在现代生产领域已成为不可替代的材料,如陶瓷材料具备耐腐蚀、耐高温等特性,在化工、冶金、建筑及尖端技术等领域已成为主要用材。复合材料是将两种或两种以上的材料组合在一起,不仅兼有各组成材料的优良性能,而且形成了单一材料所不具备的特性,随着现代科学技术的发展,传统的单一的材料已不能满足高技术领域的使用要求,复合材料已成为一种新型的高科技材料,不仅应用于航天航空以及通信电子等高新技术领域,而且广泛应用于建筑、石油化工及机械等各个领域,成为工程材料不可缺少的组成部分。

第2节 常用金属材料

金属材料是一种或几种金属元素,以极微小的晶体结构所组成的具有金属光泽的和良好导电导热性能以及一定力学性能的材料。通常指钢、铁、铝、铜等金属及其合金材料。

一、金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能指材料的物理、化学及力学性能,而工艺性能指材料在加工制造中表现出来的可铸、可锻、可焊及切削加工等性能。

材料的力学性能是设计零件及选择材料的重要依据,任何机械零件或工具,在使用过程中,往往要受到各种形式外力的作用,如起重机上的钢索,受到悬吊物拉力的作用;柴油机上的连杆,在传递动力时,不仅受到拉力的作用,而且还受到冲击力的作用;轴类零件要受到弯矩、扭力的作用等,这就要求金属材料必须具有一种承受机械负荷而不超过许可变形或不破坏的能力,这种能力就是材料的力学性能。金属表现出来的诸如弹性、强度、硬度、塑性和韧性等特征就是用来衡量金属材料在外力作用下所表现出来的力学指标。

1. 金属材料的强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。强度指标一般用单位面积所承受的载荷表示,符号为 σ ,单位为MPa。工程中常用的强度指标有屈服强度和抗拉

强度。屈服强度是指金属材料在外力作用下,产生屈服现象时的应力,或开始出现塑性变形时的最低应力值,用 σ_s 表示,对于大多数机械零件,工作时不允许产生塑性变形,所以屈服强度是零件强度设计的依据。抗拉强度是指金属材料在拉力的作用下,被拉断前所能承受的最大应力值,用 σ_b 表示,对于因断裂而失效的零件,用抗拉强度作为其强度设计的指标。

2. 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不断裂的能力。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率。伸长率和断面收缩率越大,其塑性越好;反之,塑性越差。良好的塑性是金属材料进行压力加工的必要条件,也是保证机械零件工作安全,不发生突然脆断的必要条件。伸长率指试样拉断后的伸长量与原来长度之比的百分率,用符号 δ 表示。断面收缩率指试样拉断后,断面缩小的面积与原来截面积之比,用 ψ 表示。

3. 硬度

硬度是指材料表面抵抗比它更硬的物体压入的能力。硬度的测试方法很多,生产中常用的硬度测试方法有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法两种。

1) 布氏硬度试验法

布氏硬度试验法是用一直径为 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金属表面,保持一定时间后卸载,测量金属表面形成的压痕直径 d ,以压痕的单位面积所承受的平均压力作为被测金属的布氏硬度值。

布氏硬度指标有HBS和HBW,前者所用压头为淬火钢球,适用于布氏硬度值低于450的金属材料,如退火钢、正火钢、调质钢及铸铁、有色金属等;后者压头为硬质合金,适用于布氏硬度值为450~650的金属材料,如淬火钢等。布氏硬度测试法,因压痕较大,故不宜测试成品件或薄片金属的硬度

2) 洛氏硬度试验法

洛氏硬度试验法是用锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 $1/16$ 英寸^①的淬火钢球为压头,以一不定的载荷压入被测试金属材料表面,根据压痕深度可直接在洛氏硬度计的指示盘上读出硬度值。常用的洛氏硬度指标有HRA、HRB和HRC 3种。洛氏硬度测试,操作迅速、简便,且压痕小不损伤工件表面,故适于成品检验。

采用 120° 金刚石圆锥体为压头,施加压力为600N时,用HRA表示。其测量范围为60~85,适于测量合金、表面硬化钢及较薄零件。

采用直径为 $1/16$ 英寸^①淬火钢球为压头,施加压力为1000N时,用HRB表示,其测量硬度值范围为25~100,适于测量有色金属、退火和正火钢及锻件等。

采用 120° 金刚石圆锥体为压头,施加压力为1500N时,用HRC表示,其测量硬度值范围为20~67,适于测量淬火钢、调质钢等。

硬度是材料的重要力学性能指标。一般材料的硬度越高,其耐磨性越好。材料的强度越高,塑性变形抗力越大,硬度值也越高。

4. 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷的能力称为冲击韧性,用 A_k 表示,单位为 J/cm^2 。

① 1英寸=2.54cm(厘米)。

冲击韧性常用一次摆锤冲击弯曲试验测定,即把被测材料做成标准冲击试样,用摆锤一次冲断,测出冲断试样所消耗的冲击功,然后用试样缺口处单位截面积 F 上所消耗的冲击功 A_k 表示冲击韧性。

A_k 值越大,则材料的韧性就越好。 A_k 值低的材料叫做脆性材料, A_k 值高的材料叫做韧性材料。很多零件,如齿轮、连杆等,工作时受到很大的冲击载荷,因此要用 A_k 值高的材料制造。铸铁的 A_k 值很低,灰口铸铁 A_k 值近于零,不能用来制造承受冲击载荷的零件。

二、常用的金属材料分类

金属材料可分为钢铁金属和有色金属。钢铁金属又分为钢和铸铁两大类。

1. 钢

钢是含碳质量分数小于 2.11% (实际上小于 1.35%), 并含有少量杂质元素的铁碳合金。钢具有良好的使用性能和工艺性能,而且产量大、价格低廉,因此应用非常广泛。

1) 钢的分类方法

(1) 按用途分: 结构钢(主要用于工程结构和机械零件用钢)、工具钢(主要用于制造刀具、模具和量具用钢)和特殊性能钢(如不锈钢、耐热钢等)。

(2) 按含碳量分: 低碳钢($w_c \leq 0.25\%$)、中碳钢($0.25\% < w_c \leq 0.6\%$)和高碳钢($w_c > 0.6\%$)。

(3) 按钢的质量分为普通钢、优质钢、高级优质钢等。

2) 碳素钢的牌号、性能及用途

碳素钢的熔炼过程比较简单,生产费用较低,价格便宜,主要用于工程结构,制成热轧钢板、钢带和棒钢等产品,广泛用于工程建筑、车辆、船舶以及桥梁、容器等构件。

常用的碳素钢的分类、牌号及应用如表 1-1 所列。

表 1-1 常用的碳素钢的分类、牌号及应用

分类	牌 号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
碳素结构钢	Q235AF	Q: 表示屈服强度汉语拼音字首; 235: 表示 $\sigma_s \geq 235\text{MPa}$; A: 表示硫、磷含量的多少; F: 表示为沸腾钢	螺钉、螺母、螺栓、垫圈、手柄、小轴及型材等
优质碳素结构钢	20;40;45;65	两位数字代表钢中平均含碳量的万分数。 例如: 45 钢种的平均含碳量为 0.45%	制造各类机械零件,例如: 轴、齿轮、连杆、各种弹簧等
碳素工具钢	T7;T8;T12;T12A	T: 表示碳素工具钢汉语拼音字首;数字编号: 表示钢的平均含碳量的千分数。例如, T7 代表含碳量约等于 0.7% 的优质碳素工具钢; A: 表示高级优质碳素工具钢,钢中有害杂质(P、S)的含量较少	制造各类刀具、量具和模具。例如: 锤头、钻头、冲头、丝锥、板牙、锯条、刨刀、锉刀、量具、剃刀、小型冲模等

3) 合金钢的牌号、性能及用途

为了改善钢的某些性能或使之具有某些特殊性能,在炼钢时有意加入一些元素,称为合金元素。含有合金元素的钢,称为合金钢。

钢中加入的合金元素主要有 Si、Mn、Cr、Ni、W、Mo、V、Ti、Al、B 及稀土元素 Re 等。这类钢比碳钢具有更高的机械性能和某些特殊性能,如耐热、耐蚀、耐磨性能等,常用做重要的机器零件和工具,或要求特殊性能的零件。

常用的合金钢的分类、牌号及应用如表 1-2 所列。

表 1-2 常用的合金钢的分类、牌号及应用

分类	牌 号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
合金结构钢	16Mn; 40Cr; 60Si2Mn	数字编号: 表示钢的平均含碳量的万分数。 元素符号: 表示加入的合金元素,当合金元素平均含量小于 1.5% 时,则只标出元素符号,而不标明其含量;若元素的平均含量为 (1.5~2.5)% 时,元素符号后面写数字 2;当元素的含量为 (2.5~3.5)% 时,元素符号后面写数字 3	制造各类重要的机械零件,例如: 齿轮、活塞销、凸轮、气门顶杆、曲轴、机床主轴、板簧、卷簧、压力容器、汽车纵横梁、桥梁结构、船舶结构等
合金工具钢	5CrMnMo; W18Cr4V; 9SiCr	数字编号: 表示钢的平均含碳量的千分数。 元素符号: 表示加入的合金元素,当合金元素平均含量小于 1.5% 时,只标出元素符号,而不标明其含量;若元素的平均含量为 (1.5~2.5)% 时,元素符号后面写数字 2;当元素的含量为 (2.5~3.5)% 时,元素符号后面写数字 3	制造各类重要的、大型复杂的刀具、量具和模具。例如: 板牙、丝锥、形状复杂的冲模、块规、螺纹塞规、样板、铣刀、车刀、刨刀、钻头
特殊性能钢	1Cr18Ni9Ti; 4Cr9Si2; ZGMn13	不锈钢: 1Cr18Ni9Ti; 耐热钢: 4Cr9Si2; 耐磨钢: ZGMn13	不锈钢: 医疗器械、耐酸容器、管道等。 耐热钢: 加热炉构件、过热器等。 耐磨钢: 破碎机颚板、衬板、履带板等

4) 铸钢

与铸铁相比,铸钢具有较高的综合机械性能,特别是塑性和韧性较好,使铸件在动载荷作用下安全可靠。此外,铸钢的焊接性较铸铁优良,这对于采用铸—焊联合工艺制造复杂零件和重要零件十分重要。但是,铸钢的铸造工艺性能差,为保证铸钢件的质量,还必须采取一些特殊的工艺措施,这就使铸钢件的生产成本高于铸铁。

我国碳素铸钢件的牌号根据 GB5613—85 规定,用铸钢汉语拼音字首“ZG”加两组数字组成,第一组数字代表屈服强度值,第二组数字代表抗拉强度值。铸钢的牌号有 ZG200—400、ZG230—450、ZG270—500、ZG310—570、ZG340—640 等。

2. 铸铁

铸铁是指含碳质量分数大于 2.11% 的铁碳合金。工业上常用铸铁的含碳量一般在 2.5%~4% 之间,此外,铸铁中还含有较多的锰、硅、磷、硫等元素。

铸铁与钢相比,铸铁强度低、塑性低、脆性大,虽然机械性能较低,但铸造工艺性好,切削加工性优良,同时还具有优良消振性和减磨性等,因此,铸铁在生产中仍获得普遍应用。

由于成分和凝固时冷却条件的不同,铸铁中的碳,可以呈化合状态(Fe_3C)或游离状态(石墨)存在,这就使铸铁的内部组织、性能、用途方面存在较大的差异。根据碳在铸铁中的不同组织结构,通常铸铁可分为白口铸铁(铁碳合金中的碳以 Fe_3C 出现)、灰口铸铁(碳以片状石墨出现)、可锻铸铁(碳以团絮状石墨出现)、球墨铸铁(碳以球状石墨出现)等。

常用的铸铁的分类、牌号及应用如表1-3所列。

表1-3 常用的铸铁的分类、牌号及应用

分类	牌 号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
灰口铸铁	HT100; HT150; HT200; HT250; HT300; HT350	HT: 表示灰铁汉语拼音字首; 数字: 表示该材料的最低抗拉强度值,单位是MPa。例如: HT200,表示 $\sigma_b \geq 200\text{MPa}$ 的灰口铸铁材料	制造各类机械零件,例如: 机床床身、飞轮、机座、轴承座、气缸体、齿轮箱、液压泵体等
可锻铸铁	KT300-06; KT350-10; KT450-06; KT650-02; KT700-02	KT: 表示可铁汉语拼音字首; 数字: 分别表示材料的最低抗拉强度值(MPa)和最低伸长(δ)。例如: KT450-06表示抗拉强度 σ_b 不低于450MPa,伸长率 δ 不低于6%的可锻铸铁材料	制造各类机械零件,例如: 曲轴、连杆、凸轮轴、摇臂活塞环等
球墨铸铁	QT400-18; QT500-07; QT600-03; QT900-02	QT: 表示球铁汉语拼音字首; 数字: 分别表示材料的最低抗拉强度值(MPa)和最低伸长(δ)。例如: QT400-18表示抗拉强度 σ_b 不低于400MPa,伸长率 δ 不低于18%的球墨铸铁材料	用它代替部分铸钢或锻钢件,制造承受较大载荷、受冲击和耐磨损的零件,例如: 大功率柴油机的曲轴轧辊、中压阀门、汽车后桥等

3. 有色金属

除黑色金属钢铁以外的其他金属与合金,统称为有色金属或非铁金属。

有色金属具有许多与钢铁不同的特性,例如: 高的导电性和导热性如银、铜、铝等;优异的化学稳定性如铅、钛等;高的导磁性如铁镍合金等;高的强度如铝合金、钛合金等;高的熔点如钨、铌、钽、锆等。由于有色金属具有这些优良的性质,所以,在现代工业中,除大量使用黑色金属外,还广泛使用有色金属。

常用的有色金属主要有铝及铝合金和铜及铜合金两类。

1) 铝及铝合金

(1) 工业纯铝。工业纯铝的加工产品,按纯度的高低,分为L1, L2, ..., L7等7个牌号,其中,L是“铝”字汉语拼音的首字母,数字表示编号,编号越大,纯度越低。

工业纯铝的 σ_b 为80MPa~100MPa,经冷变形后可提高至150MPa~250MPa,因为工业纯铝的抗拉强度较低,故工业纯铝难于满足零件结构的性能要求,主要用做配制铝合金

及代替铜制作导线、电器和散热器等。

(2) 铝合金。用于铸造生产中的铝合金称为铸造铝合金,它不仅具有较好的铸造性能和耐蚀性能,而且经过变质处理使强度进一步提高,应用较工业纯铝广泛,铝合金主要用做内燃机活塞、汽缸头、汽缸散热套等。

铝合金的牌号由铸铝两字汉语拼音字首“ZL”和3位数字组成,如ZL102表示铸造铝硅合金材料。其中第一位数字为主加元素的代号(1表示Al-Si系合金;2表示Al-Cu系合金;3表示Al-Mg系合金;4表示Al-Zn系合金),后两位数字表示顺序号。

除了铸造铝合金外,还有一类铝合金称为形变铝合金,主要有防锈铝、锻造铝、硬铝和超硬铝4种。它们大多通过塑性变形轧制成板、带、棒、线材等半成品使用。其中硬铝是一种应用较多的由铝-铜-镁等元素组成的铝合金材料。它除了具有良好的抗冲击性、焊接性和切削加工性外,经过热处理强化(淬火加时效)后强度和硬度能进一步提高,可以用做飞机结构支架、翼肋、螺旋桨、铆钉等零件。

2) 铜及铜合金

铜及铜合金的种类很多,一般分为紫铜(纯铜)、黄铜、青铜和白铜等。

(1) 纯铜。纯铜因其表面呈紫红色,故亦称紫铜。它具有极好的导电和导热性能,并在常温条件下暴露在大气中,具有较好的耐蚀性。紫铜大多用于电器元件或用做冷凝器、散热器和热交换器等零件。纯铜还具良好的塑性,通过冷、热态塑性变形可制成板材、带材和线材等半成品。

我国工业纯铜的牌号是用符号“T”(铜字汉语拼音字首)和顺序数字组成。如T1、T2、T3、T4,随着数字的增大,铜的纯度越低。

(2) 黄铜。铜和锌所组成的合金称为黄铜。当黄铜中含锌量小于39%时,锌能全部溶解在铜内。这类黄铜具有良好的塑性,可在冷态或热态下经压力加工(轧、锻、冲、拉、挤)成型。按其加工方式不同,可将黄铜分为压力加工黄铜和铸造黄铜两种。

压力加工黄铜的牌号是符号“H”(黄字汉语拼音字首)和数字组成。如H68黄铜,表示其含铜量为68%,含锌量为32%。

铸造黄铜其牌号前冠以ZCu+主加元素符号+主加元素平均含量+辅加元素符号+辅加元素平均含量组成。如ZCuZn38表示含锌量为38%的铸造黄铜,ZCuZn40Pb2表示含锌量为40%,含铅量为2%的铸造铅黄铜。

(3) 青铜。由于主加元素不同,青铜分为锡青铜、铍青铜、铝青铜、铅青铜及硅青铜等。除锡青铜外,其余均为无锡青铜。

青铜的牌号用符号“Q”(青字汉语拼音字首)和数字组成。如QSn4-3,表示其是含锡量为4%,含锌量为3%的锡青铜。QAl17,表示其是含铝量为17%的铝青铜。

铸造青铜其牌号表示法与铸造黄铜类似。如ZCuSn5Pb5Zn5表示含锡量为5%,含铅为5%,含锌量为5%的铸造锡青铜。

3) 钛及钛合金

钛及钛合金质量轻,具有良好的耐蚀性、耐热性,因而钛及钛合金已成为航空航天、机械工程、化工冶金工业中不可缺少的工程材料,如制造导弹的燃料罐、飞机发动机的压气机盘和叶片及其他飞机结构件等,但由于钛及钛合金在高温中异常活跃,且熔点高,熔炼、浇注工艺复杂,价格昂贵,因此使用受到一定的限制。

第3节 常用的非金属材料 and 复合材料

一、非金属材料

非金属材料是指除金属材料以外的其他材料。非金属材料是近年来发展非常迅速的工程材料,品种繁多,因其具有金属材料无法具备的某些性能(如电绝缘性、耐腐蚀性等),在工业生产中已成为不可替代的重要材料,如高分子材料和工业陶瓷。

1. 塑料

塑料是高分子化合物,其主要成分是合成树脂,再加入各种添加剂而制成,塑料在一定的温度、压力下可软化成型,是最主要的工程结构材料之一。由于塑料具有许多优良的性能,如具有良好的电绝缘性、耐腐蚀性、耐磨性、成形性,而且密度较小等,因此不仅在日常生活中到处可见,而且在工程结构中也得到广泛应用。

塑料的种类很多,按性能可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

热塑性塑料通常为线型结构,在加热时软化和熔融,冷却后能保持一定的形状,再次加热时又可软化和熔融,具有可塑性并易于加工成型。此外,热塑性塑料能溶于有机溶剂,属于热塑性塑料的有聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)和ABS等。

热固性塑料固化后再次加热时,不能像热塑性塑料那样再次软化和熔融,不再具有可塑性。热固性塑料通常为网型结构,不溶于有机溶剂。属热固性塑料的有酚醛树脂(PF)、环氧塑料(FP)等。

塑料按用途可分为通用塑料、工程塑料和其他塑料。通用塑料有酚醛塑料、聚乙烯(PF)、聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)和聚苯乙烯(PS)等。工程塑料有聚酰胺(PA,尼龙)、聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)和ABS等。工程塑料具有良好的力学性能,能替代金属制造一些机械零件和工程结构件。还有一些有特殊性能的塑料,如聚四氟乙烯,它具有很好的耐蚀、耐磨和耐热性,有塑料王之称,但是其产量较少,价格较高,仅用于特殊用途。随着塑料工业的发展,新塑料品种的不断出现,这几种塑料之间已没有明显的界限了。

常用塑料名称、性能、用途如表1-4、表1-5所列。

表1-4 常用热塑性塑料名称、性能、用途

名称	性能	应用举例
聚乙烯(PE)	无毒无味,质地较软,比较耐磨、耐腐蚀,绝缘性较好	薄膜、软管;塑料管、塑料板、塑料绳等
聚丙烯(PP)	具有良好的耐腐蚀性、耐热性、耐折性、绝缘性	机械零件、医疗器械、生活用具,如齿轮、叶片、壳体、包装带等
聚苯乙烯(PS)	无色、透明;着色性好;耐腐蚀、耐绝缘但易燃、易脆裂	仪表零件、设备外壳及隔音、包装、救生等器材
ABS	具有良好的耐腐蚀性、耐磨性、加工工艺性、着色性等综合性能	轴承、齿轮、叶片、叶轮、管道、容器、方向盘等

(续)

名称	性能	应用举例
聚酰胺(PA) 即尼龙	强度、韧性较高;耐磨性、自润滑性、成形工艺性、耐腐蚀性良好	仪表、机械零件、电缆护层,如油管、轴承、导轨
聚甲醛(POM)	优异的综合性能,如良好的耐磨性、自润滑性、耐疲劳性、冲击韧性及较高的强度、刚性等	齿轮、轴承、凸轮、制动闸瓦、阀门、化工容器、运输带等
聚碳酸酯(PC)	透明度高;耐冲击性突出,强度较高,抗蠕变性好;自润滑性能差	齿轮、涡轮、凸轮;防弹窗玻璃,安全帽、汽车挡风等
聚四氟乙烯(F-4)	耐热性、耐寒性极好;耐腐蚀性极高;耐磨、自润滑性优异等	化工用管道、泵、阀门;机械用密封圈、活塞环;医用人工心、肺等
PMMA, 即有机玻璃	透明度、透光率很高;强度较高;耐酸、碱,不易老化;表面易擦伤	油标、窥镜、透明管道、仪器、仪表等

表 1-5 常用热固性塑料的名称、性能、用途

名称	性能	应用举例
酚醛塑料(PF)	较高的强度、硬度、绝缘性、耐热性、耐磨性好	电器开关、插座、灯头;齿轮、轴承、汽车刹车片等
氨基塑料(UF)	表面硬度较高,颜色鲜艳,有光泽;绝缘性良好	仪表外壳、电话外壳、开关、插座等
环氧塑料(EP)	强度较高,韧性、化学稳定性、绝缘性、耐寒、耐热性较好;成型工艺性好	船体、电子工业零部件等

2. 橡胶

橡胶与塑料的不同之处是橡胶在室温下具有很高的弹性。经硫化处理和炭黑增强后,其抗拉强度达 25MPa~35MPa,并具有良好的耐磨性。

表 1-6 所列为常见橡胶的名称、性能、用途。

表 1-6 常见橡胶的名称、性能、用途

名称	性能	应用举例
天然橡胶	电绝缘性弹性很好,耐碱性较好;耐溶剂性差	轮胎、胶带、胶管等
合成橡胶	耐磨、耐热、耐老化性能较好	轮胎、胶带、减振器等
特种橡胶	耐油耐蚀、耐热耐磨、耐老化	输油管、储油箱、密封件

3. 陶瓷材料

陶瓷是各种无机非金属材料的统称,在现代工业中具有很好的发展前途。未来世界将是陶瓷材料、高分子材料、金属材料三足鼎立的时代,它们构成了固体材料的三大支柱。常见工业陶瓷的分类、性能、用途如表 1-7 所列。

表 1-7 常见工业陶瓷的分类、性能、用途

分类	性能	应用举例
普通陶瓷	质地坚硬;有良好的抗氧化性、耐蚀性、绝缘性;强度较低;耐一定高温	日用、电气、化工、建筑用陶瓷
特种陶瓷	有自润滑性及良好的耐磨性、化学稳定性、绝缘性;耐腐蚀、耐高温;硬度高	切削工具、量具、高温轴承、拉丝模
金属陶瓷 (硬质合金)	强度高;韧性好;耐腐蚀;高温强度高	刀具、模具、喷嘴、密封环、叶片、涡轮等

二、复合材料

复合材料是由两种或两种以上物理、化学性质不同的物质,经人工合成的材料。它保留了各组成材料的优良性能,从而得到单一材料所不具备的优良的综合性能。

复合材料一般由增强材料和基体材料两部分组成,增强材料均匀地分布在基体材料中。增强材料有纤维(玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、碳化硅纤维等)、丝、颗粒、片材等。基体材料有金属基体材料和非金属基体材料两类,金属基体材料主要有铝合金、镁合金、钛合金等,非金属基体材料有合成树脂、陶瓷等。

复合材料区别于单一材料的显著特性是材料性能的可设计性,即可根据工程结构的载荷分布、环境条件和使用要求,选择相应的基体、增强材料和它们各自所占的比例以及选用不同的复合工艺,设计不同的排列方式、层数以满足构建的强度、刚度、耐热、耐腐蚀等要求,它的另一个特性是材料与结构一次成型,即在形成复合材料的同时也得到了设计结构。这一特性使零件数目减少,整体化程度高,同时由于取消或减少了接头,避免或减少了焊接、铆接等工艺。

复合材料种类繁多,性能各有特点。如玻璃纤维和合成树脂的合成材料具有优良的强度、可制造密封件及耐磨、减摩的机械零件。碳纤维复合材料密度小、强度高,可应用于航空、航天及原子能工业。

第4节 钢的普通热处理

一、热处理

钢的热处理在机械制造过程中占有重要的位置,是零件制造工艺的一道重要的工序。应用热处理工艺,在零件设计中可以实现对同一材质,经过不同的热处理形成不同的组织和性能的材质,来满足工件在加工和使用过程中对性能的要求,达到提高产品质量和延长使用寿命的目的。

钢的热处理指钢在固态下,通过加热、保温和冷却的方法改变它的内部组织结构,从而获得工件所要求的性能的一种热加工工艺。制定钢的热处理工艺的依据是钢在加热和冷却过程中的组织转变规律。热处理具有3个步骤。

(1) 加热: 把要热处理的工件加热到预定的温度范围,加热温度常超过临界点,但不

宜过高以免工件的机械性能降低。

(2) 保温: 根据工件的大小和性能在预定的温度下保温一定时间, 目的是把工件热透, 使其心部和表面的温度趋于一致。

(3) 冷却: 在某种介质中, 把工件冷却到一定温度。

根据加热温度、冷却方式及热处理后形成的组织和性能的不同, 钢的热处理工艺可分为普通热处理、表面热处理。钢的普通热处理一般指退火、正火、淬火和回火; 表面热处理有表面淬火和化学热处理等方法。按照热处理在零件整个生产工艺过程中位置和作用的不同, 热处理工艺又可分为预备热处理和最终热处理。

热处理中的加热, 就是将原始组织加热, 使其转变为奥氏体, 这个过程可以用钢在加热和冷却时的相变图表示, 如图 1-1 所示。图中的临界点 A_1 、 A_3 、 A_{cm} 表示铁碳合金在接近平衡状态下相变成分和温度之间的关系。而在生产实践中, 其相变是在非平衡状态下进行的, 我们用 A_{c1} 、 A_{c3} 、 A_{cm} 表示非平衡加热的临界点, 用 A_{r1} 、 A_{r3} 、 A_{rm} 表示非平衡冷却的临界点。

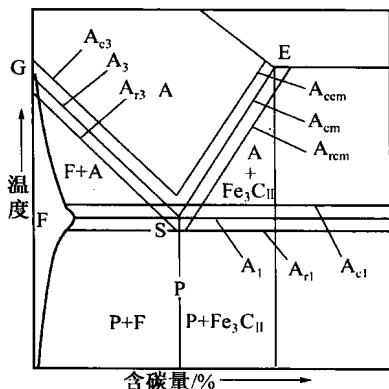


图 1-1 钢在加热和冷却时的相变临界点

钢的冷却转变是过冷奥氏体的冷却转变, 它的转变产物的组织和性能随着转变温度区域的不同而不同, 热处理就是利用上述原理达到工件要求的性能。

二、退火

在机械零件的加工过程中, 退火是一种先行工艺, 通过退火能改善和调整钢的机械性能和工艺性能, 对于一些受力不大、性能要求不高的机械零件, 退火也可作为最终的热处理, 退火是将钢加热到临界点 A_{c1} (或 A_{c3}) 温度 (对于碳钢, 退火的温度范围一般为 $750^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$), 保温一段时间以后随炉缓慢冷却以获得平衡状态组织的热处理工艺, 其主要目的是均匀钢的化学成分, 细化晶粒、调整硬度, 消除内应力, 改善钢的成型及切削加工性能。将钢加热到临界点 A_{c1} (或 A_{c3}) 以上的退火包括完全退火、扩散退火、不完全退火和球化退火; 将钢加热到临界点 A_{c1} (或 A_{c3}) 以下的退火包括再结晶退火和去应力退火。

1. 完全退火

完全退火是将钢加热到 A_{c3} 以上 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 保温一段时间, 经完全奥氏体化后进行随炉缓慢冷却, 以获得接近平衡组织的热处理工艺, 它主要用于含碳量为 $0.3\% \sim 0.5\%$ 的亚共析钢, 其目的是细化晶粒、均匀组织、消除内应力、降低硬度和改善钢的切削加工性。

完全退火采用随炉缓冷的方式来达到消除内应力、降低硬度和改善钢的切削加工性。工件在退火温度下的保温时间不仅要使工件烧透, 使工件的中心部位达到要求的加热温度, 而且要保证全部得到均匀化的奥氏体。在实践生产过程中完全退火需要的时间很长, 为了提高生产率, 退火冷却到 600°C 左右即可出炉空冷。如果将奥氏体化后的钢较快地冷却到稍低于 A_{r1} 温度等温, 使奥氏体转变为珠光体, 再空冷至室温, 可大大缩短退火时