

高等学校教材

工程训练

林建榕 王 玉 蔡安江 主编
袁名炎 徐国义 主审

航空工业出版社

高等学校教材

工 程 训 练

(机 械)

林建榕 王 玉 蔡安江 主编

袁名炎 徐国义 主审

航空工业出版社

内 容 提 要

本教材是根据国家教育部成都会议修订的《工程训练教学基本要求》,结合新世纪科学技术现代化对教学内容的需要,在总结各校工程训练教学改革经验的基础上编写的。

本教材内容主要包括:工程材料概述、铸造、锻压、焊接、切削加工基本知识、车削、刨削、铣削、磨削、钳工、数控加工、特种加工及其它现代加工技术和环境保护等,共十三章。为加深理解,加强理论与实践的联系,每章都附有复习思考题。

本书主要作为高等工科院校本科机类及近机类各专业工程训练用教材,也可作为工科院校本科其它专业的工程训练教材,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练/林建榕等主编. —北京:航空工业出版社,2004.5

ISBN 7-80183-357-0

I. 工... II. 林... III. 金属加工—实习—高等学校—教学参考资料 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 033953 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

南昌航空工业学院印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2004 年 5 月第 1 版

2004 年 5 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:15.0

字数:380 千字

印数:1—2000

定价:23.00 元

序

“实践出真知。”出真知是实践的目的,也是实践的意义所在。为了适应信息化、知识化时代对人才的需求,要求高等院校必需通过各种形式的教学实践,培养学生学会获取信息、更新知识、创造知识的能力。因此,近年来实践教学在高等学校得到高度重视,投入大量资金用于实践教学基地的建设,大大提高了高校办学水平。

工程训练是工科院校大部分专业学生必修的实践教学课程。学生在教学基地必须进行熟悉机械零件的常用加工方法、所用主要设备的工作原理和典型机构、工夹量具的使用以及安全操作技术。了解机械制造的基本工艺知识和新工艺、新技术在机械制造中的应用。对简单零件初步具有进行工艺分析和选择加工方法的能力。在主要工种上应具有独立完成简单零件加工制造的实践能力。同时要通过工程训练培养学生的劳动观点、创新精神和理论联系实际的科学作风。初步建立市场、信息、质量、成本、效益、安全和环保等工程意识。本教材编写的目的在于指导学生通过实践操作训练,了解机械制造的一般过程,熟悉机械零件的常用加工方法,初步掌握工艺分析和选择加工方法的能力,了解机械制造新工艺、新技术、新发展等,提高实践教学效果。

正是为了适应教学改革对工程训练的要求,我们组织了包括哈尔滨理工大学关砚聪,西北工业大学王玉、李辉、李小聪,西安建筑科技大学蔡安江,西安石油大学李明贵、罗暑生,河海大学张根元、朱教正,沈阳工业大学唐宗军,南昌大学罗丽萍、刘汉茂,南昌航空工业学院王家宣、钱光军,福州大学林建榕,福建农林大学李正红、孙达新、侯秀英等多所院校,由长期从事机械工程训练教学、有丰富教学经验的教师参加编写本教材。

本教材在编写过程中,力求取材新颖、理论联系实际、结构紧凑、文字精练、主次分明,重点突出。在传统工艺和新知识、新工艺的安排上,力求充分体现教材的系统性和先进性。对材料牌号、技术条件、技术术语等均采用最新国家标准和法定计量单位。

各校在使用本教材时,可根据本校的实际情况和工程训练计划,灵活运用。并希望采用电化教学、多媒体教学和局域网进行网络教学等教学手段,以期获得最佳教学效果。

本教材由南昌工业学院袁名炎副教授和教育部机械基础课程教学指导委员会委员、哈尔滨理工大学徐国义教授担任主审。东北地区金工研究会理事长、吉林大学吴鹏教授和西北工业大学裴崇斌副教授对本教材提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

《工程训练》教材编委会

2004年5月

目 录

第1章 机械工程材料概述	1
基本知识	1
1-1 机械工程材料的基本知识	1
1-2 钢的热处理	9
1-3 工程塑料成形工艺	12
1-4 材料表面防护技术	15
操作训练	20
安全技术	20
复习思考题	21
第2章 铸造	22
基本知识	22
2-1 概述	22
2-2 砂型铸造	22
2-3 特种铸造	30
2-4 铸造合金的熔炼	32
2-5 铸件质量检验与常见缺陷分析	33
2-6 铸造技术新进展	35
操作训练	36
安全技术	40
复习思考题	41
第3章 锻压	42
基本知识	42
3-1 概述	42
3-2 锻造坯料的加热与锻件的冷却	42
3-3 自由锻造	45
3-4 胎模锻	49
3-5 模锻	50
3-6 金属的锻造性能及锻造流线	53
3-7 板料冲压	53
3-8 其它特种成形工艺方法简介	57
操作训练	61
安全技术	62
复习思考题	62
第4章 焊接	64

基本知识	64
4-1 概述	64
4-2 焊条电弧焊	64
4-3 气焊与气割	69
4-4 其它焊接方法与胶接技术简介	71
4-5 焊接新工艺简介	75
4-6 焊接变形与焊接缺陷及检验	77
操作训练(焊条电弧焊)	78
操作训练(气焊)	80
安全技术	80
复习思考题	81
第5章 切削加工基本知识	82
基本知识	82
5-1 切削加工概念	82
5-2 机械加工零件的质量要求	83
5-3 常用量具	85
复习思考题	90
第6章 车削加工	91
基本知识	91
6-1 概述	91
6-2 车床	92
6-3 常用刀具材料	96
6-4 车刀	97
操作训练	99
安全技术	113
复习思考题	113
第7章 刨削加工	114
基本知识	114
7-1 概述	114
7-2 刨床	115
7-3 拉削	118
复习思考题	119
第8章 铣削加工	120
基本知识	120
8-1 概述	120
8-2 铣床及铣刀	121
8-3 常用铣床附件及应用	123
操作训练	125
安全技术	132

复习思考题	132
第9章 磨削加工	133
基本知识	133
9-1 概述	133
9-2 磨削基础知识	134
9-3 磨削技术新发展	138
操作训练	139
安全技术	142
复习思考题	143
第10章 钳工	144
10-1 概述	144
10-2 划线	144
基本知识	144
操作训练	147
安全技术	147
10-3 銼削	148
基本知识	148
操作训练	149
安全技术	150
10-4 锯削	150
基本知识	150
操作训练	151
安全技术	152
10-5 锉削	152
基本知识	152
操作训练	153
安全技术	154
10-6 钻削	155
基本知识	155
操作训练	158
安全技术	159
10-7 攻螺纹和套螺纹	160
基本知识	160
操作训练	161
安全技术	162
10-8 刮削	162
基本知识	162
操作训练	163
安全技术	164

综合训练	164
10-9 装配和拆卸	166
基本知识	166
操作训练	170
安全技术	170
复习思考题	171
第 11 章 数控加工技术	172
基本知识	172
11-1 概述	172
11-2 数控加工程序结构和指令	178
11-3 数控加工技术	184
操作训练	192
安全技术	202
复习思考题	202
第 12 章 特种加工及其它现代加工技术	204
12-1 电火花成形加工技术	204
基本知识	204
操作训练	207
安全技术	209
12-2 数控电火花线切割加工技术	209
基本知识	209
操作训练	213
安全技术	214
12-3 其它特种加工方法简介	215
12-4 快速成形制造技术	219
复习思考题	223
第 13 章 环境保护与文明生产	224
基本知识	224
13-1 概述	224
13-2 环境污染	224
13-3 工业生产中的环境污染及防治方法	226
13-4 环境污染防治方法	228
13-5 文明生产	229
复习思考题	230

第 1 章 机械工程材料概述

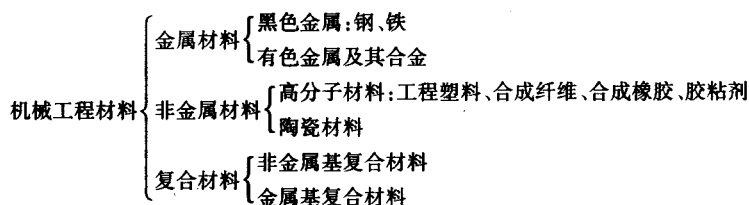
【基本知识】

1-1 机械工程材料的基本知识

一、机械工程材料的分类及应用

1. 机械工程材料的分类

机械工程材料主要用于制造工程构件、机械零件及工模具等。一般将其分为以下几类：



2. 机械工程材料的应用

金属材料具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能，是机械工程中应用最广泛的材料。主要用于机械设备、工模具及船舶、桥梁、锅炉等工程结构中。非金属材料是近年来高速发展的工程材料。其中高分子材料具有耐蚀性、绝缘性和优良的成形性能，且质轻价廉，已广泛应用于制造轻工产品、机械零件，如家用电器、齿轮、轴承、汽车零件、阀门、叶片等。陶瓷材料具有耐高温、耐磨损、耐腐蚀及绝缘等性能，广泛应用于发动机、燃气轮机的零部件上；作为刀具材料，可延长刀具的使用寿命；制作汽车陶瓷传感器，已成为汽车电子化的重要方面。复合材料是将两种或两种以上的材料组合在一起，获得比单一材料优越得多的，甚至单一材料不具备的双重或多重特性，成为一种新型的高科技材料，广泛应用于航空、航天、军事、生物医学等领域，如导弹弹头、飞机刹车盘、汽车或摩托车刹车系统、人体骨骼替代材料、齿轮、轴承、化工容器、体育运动器械等。

二、金属材料的机械性能

金属材料的机械性能又称力学性能，是指金属材料在外力作用下表现出来的性能，是零件设计和选材的重要依据。常用的指标有：强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1. 强度 金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力称为强度。金属的强度指标可以通过金属静拉伸试验来测定。工程中常用的强度指标有屈服强度（材料开始产生明显塑性变形时承受的应力值）和抗拉强度（材料在破坏前所能承受的最大应力值），分别用 σ_s 和 σ_b 表示，单位为 MPa。它们是零件设计时的主要依据，也是评定材料性能的重要指标。

2. 塑性 金属材料在静载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。塑性指标也是通过金属静拉伸试验来测定。工程中常用的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率，分别用 δ 和 ψ 表示。断后伸长率和断面收缩率值越大，材料的塑性越好。良好的塑性是材料加工成形的必要条件，也是保证零件工作安全、可靠，防止突然脆断的必要条件。

3. 硬度 材料表面抵抗更硬物体压入其表面的能力称为硬度。常用的有布氏硬度测试法和洛氏硬度测试法两种。

布氏硬度测试采用一定直径的淬火钢球或硬质合金球作压头,在一定载荷作用下压入被测金属表面,卸载后,采用读数显微镜测出压痕直径 d ,再根据 d 值在硬度换算表中查出布氏硬度值。布氏硬度指标有 HBS(淬火钢球压头)和 HBW(硬质合金球压头)两种。分别适用于布氏硬度值低于 450 和低于 650 的金属材料。HBS 或 HBW 前的数值为硬度值,且允许有一定的波动范围,如“220~250HBS”。数值越大,被测材料硬度越高。

布氏硬度法测试结果较精确、稳定,常用于测定退火、正火、调质钢及铸铁、有色金属和低合金结构钢等毛坯或半成品件的硬度,但因压痕较大,不宜测试成品件或薄片金属的硬度。

洛氏硬度指标有 HRA、HRB、HRC 等。最常用的为 HRC,测试时采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体作压头,在 1471N 载荷作用下压入被测试金属表面,根据压痕的深度直接在硬度指示盘上读出硬度值。

洛氏硬度测试法操作迅速简便、压痕小,可直接测定较薄件和成品件硬度,且硬度测试范围较大。通常要在零件的不同部位测量三点以上,取其平均值。洛氏硬度符号前的数值为硬度值,亦允许有一定的波动范围,如“40~45HRC”。数值越大,被测材料硬度越高。

硬度试验设备简单,操作方便,可直接在工件上测试而不破坏工件,并可根据测得的硬度值估算出近似的强度值,因此,硬度试验是生产中广泛应用的检测手段。

4. 冲击韧性 活塞销、锻锤的锻杆、冲模、锻模、连杆等零件在工作中要受到冲击载荷的作用,金属材料在冲击载荷作用下抵抗断裂破坏的能力称为冲击韧性,用 α_K 表示。 α_K 值低的材料为脆性材料,反之为韧性材料。脆性材料断裂前无明显塑性变形,断口较平整,呈晶状或瓷状,有金属光泽;韧性材料断裂前有明显的塑性变形,断口呈纤维状,无光泽。

5. 疲劳强度 轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等零件在工作中承受交变应力作用,这时零件在低于屈服强度下长时间工作而产生裂纹或突然断裂的过程称疲劳破坏。疲劳强度是表示材料经无数次交变载荷作用而不引起断裂的最大应力值。但实际试验不可能进行无数次的应力循环。对于钢材一般取循环次数 $N = 10^7$,对于有色金属取 $N = 10^8$ 。

金属的疲劳强度受多种因素影响,如工作条件、表面状态、材质、残余应力等。改善零件结构形状、降低零件表面粗糙度及采取各种表面强化的方法,都能提高零件的疲劳强度。

三、常用金属材料简介

(一) 非合金钢及合金钢

工业上将含碳量小于 2.11% 的铁碳合金称为钢。钢具有良好的使用性能和工艺性能。

1. 钢的分类

按 GB/T13304—91《钢分类》规定,钢常用的分类方法有:

按化学成分分,是以合金元素规定含量多少进行分类,分为非合金钢、低合金钢、合金钢。通常按含碳量高低划分的低碳钢($W_c < 0.25\%$)、中碳钢($W_c < 0.25 \sim 0.60\%$)和高碳钢($W_c > 0.60\%$)等均属于非合金钢。

按质量分,分为普通质量钢、优质钢、特殊质量钢,其磷和硫的含量一般应分别低于 0.05%、0.04% 和 0.03%。

按钢的主要性能及使用特性分,分为工程结构用钢、机械结构用钢、工具钢、不锈钢、耐热钢和耐热钢、轴承钢、特殊物理性能钢,等等。

2. 钢的牌号、性能及用途

常用的部分非合金钢的类型、牌号、特点及用途见表 1-1。部分低合金钢及合金钢的类型、牌号及用途见表 1-2。

表 1-1 部分非合金钢的类型、牌号、特点及用途

类 型	牌号举例	牌号含义	特点及用途举例
碳素 结构钢	Q195、Q215、 Q235、Q255	Q 为屈服强度的“屈”字汉语拼音第一个字母,其后数字表示钢的屈服强度,如 235 表示屈服强度值为 235MPa	一般以热轧正火状态供应,主要用于制造各类型钢、薄板、冲压件或焊接构件以及一些力学性能要求不高的机器零件,如建筑构件、螺母、垫圈、小轴、销子、连杆、农机件等。
优质 碳素 结构钢	15、20	两位数字表示钢中碳的平均质量分数(含碳量)的万倍,如 45 钢,即表示含碳为 0.45%。	强度、硬度较低,塑性好,常用作冲压件或形状简单、受力较小的渗碳件,如活塞销等。
	40、45		经调质处理后,具有较好的综合力学性能,主要用于制造机床中形状简单、要求中等强度和韧性的零件,如轴、齿轮、曲轴、螺栓。
	60、65		经淬火加中温回火后,具有较高的弹性极限和屈服比(σ_s/σ_b),常用于制造小型弹簧。
碳素 工具钢	T7、T8、 T10、T10A、 T12、T12A、 T13	“T”表示碳素工具钢,其后数字表示碳的平均质量分数(含碳量)的千倍。“A”表示高级优质。如 T10A 即表示含碳量为 1.0%的高级优质碳素工具钢。	各牌号淬火后硬度相近,但随含碳量的增加,钢的耐磨性增加,韧性降低。因此,T7、T8 适于制作承受一定冲击的工具,如钳工凿子等;T9、T10、T11 适于制作冲击较小而硬度、耐磨性要求较高的小丝锥、钻头等;T12、T13 则适于制作耐磨但不承受冲击的锉刀、刮刀等。

表 1-2 部分低合金钢及合金钢的类型、牌号及用途

类 型	牌号举例	用 途
低合金高强度结构钢	Q345	船舶、桥梁、车辆、大型钢结构、起重机械等。
合金结构钢	20CrMnTi	汽车、拖拉机齿轮、凸轮等。
	40Cr	齿轮、轴、连杆、曲轴、螺栓等。
合金弹簧钢	60Si2Mn	汽车、拖拉机 $\phi 25 \sim 30\text{mm}$ 减振板簧、螺旋弹簧等。
滚动轴承钢	GCr15	中、小型轴承内外套圈及滚动体。
量具刀具钢	9SiCr	丝锥、板牙、冷冲模、铰刀等
高速工具钢	W18Cr4V	齿轮铣刀、插齿刀等。
冷作模具钢	Cr12	冷作模及冲头、拉丝模、压印模、搓丝板等。
热作模具钢	5CrMnMo	中、小型热锻模。
耐磨钢	ZGMn13	坦克及拖拉机履带、挖掘机铲齿、推土机挡板、铁路道叉等。
不锈钢	1Cr13	汽轮机叶片、水压机阀及硬而耐磨的医疗工具、量具、轴承等。

(二)铸铁

铸铁是碳含量大于 2.11%,以铁、碳、硅为主,并含有较多硫、磷、锰等杂质元素的铁碳合金。由于铸铁具有良好的铸造性、切削加工性、减振性、减磨性、低的缺口敏感性,并且成本低,因此,在机械工业中得到了广泛的应用。

根据铸铁中石墨形态的不同,分为灰铸铁(片状石墨)、球墨铸铁(球状石墨)、蠕墨铸铁(蠕

虫状石墨)和可锻铸铁(团絮状石墨)等。其牌号、性能特点及用途见表 1-3。

表 1-3 铸铁牌号、性能特点及用途

类 型	牌号举例	牌 号 含 义	特 点 及 用 途
灰铸铁	HT100、HT150、 HT200、HT350	“HT”为灰铁两字汉语拼音的第一个字母,其后的三位数字表示最低抗拉强度。	抗拉强度、塑性、韧性较低,抗压强度、硬度及耐磨性较好,具有铸铁的其它优良性能,广泛用于机床床身、手轮、箱体、底座等。
球墨铸铁	QT400-15、 QT500-7 QT600-3	“QT”为球铁两字汉语拼音的第一个字母,两组数字分别表示最低抗拉强度和最小伸长率。	球墨铸铁通过热处理强化后,力学性能有较大提高,应用范围较广,可代替中碳钢制造汽车、拖拉机中的曲轴、连杆、齿轮等。
蠕墨铸铁	RT300、RT340、 RT380、RT420	“RT”是蠕铁两字汉语拼音的第一个字母,三位数字表示最低抗拉强度。	强度、韧性、疲劳强度等均比灰铸铁高,但比球墨铸铁低,由于其耐热性较好,主要用于制造柴油机汽缸套、汽缸盖、阀体等。
可锻铸铁	KTH300-6、 KTH330-8、 KTH350-10、 KTZ450-6	“KT”为可铁两字汉语拼音的第一个字母,其后的 H 表示黑心可锻铸铁,Z 表示球光体可锻铸铁,其后两组数字分别表示最低抗拉强度和最小伸长率	可锻铸铁力学性能优于灰铸铁,因此,常用于制造管接头、三通、农具及连杆类零件等。

(三)有色金属

1. 铝合金 铝及其合金密度小,比强度高,具有优良的物理、化学性能和工艺性能,广泛应用于电气工程、航空航天工业,一般机械和轻工业中。根据铝合金的化学成分及加工方法的不同,可将铝合金分为变形铝合金和铸造铝合金两大类。

变形铝合金:变形铝合金牌号按四位字符体系命名,其第一位为数字,表示铝及铝合金的组别,第二位为字母,表示原始纯铝或铝合金的改型情况,最后两位数字用以标识同一组中不同的铝合金或表示铝的纯度。如纯铝用 1××× 系列表示,最后两位数字表示纯铝的纯度(如 1060、1035 等)。铝合金用 2×××~9××× 系列表示,其组别数字从 2 至 9 分别表示除铝外的主要合金元素为 Cu、Mn、Si、Mg、Mg+Si、Zn、其它元素和备用组。其牌号如 2A11、3A21 等。铝合金常以各种规格的型材、板材、线材、管材等供货。铝镁合金具有较好的塑性及耐蚀性,可用于制造油箱等耐蚀容器及管道、窗框等结构件。其它变形铝合金经热处理后可获得较高的比强度,用于制造飞机大梁、起落架及汽轮机叶片等高强度构件。

铸造铝合金:铸造铝合金的力学性能不如变形铝合金,但其铸造性能好,适于铸造成形,生产形状复杂的零件,如仪表壳体、内燃机汽缸、活塞、泵体等。铸造铝合金按其化学成分可分为铝-硅系、铝-铜系、铝-镁系及铝-锌系四种。其牌号如“ZLSi12”(代号 ZL102)。

2. 铜合金 铜及其合金具有优良的物理、化学性能,良好的加工性能及某些特殊的机械性能,且色泽美观。广泛应用于电气工业、仪表工业、造船工业及机械制造工业部门等。

按化学成分,铜合金可分为黄铜、青铜、白铜三大类,其中黄铜和青铜应用最为广泛。

黄铜:以锌为主要合金元素的铜锌合金称为黄铜。它不仅具有良好的变形加工性能,耐蚀性能,还有优良的铸造性能。按黄铜的化学成分不同,又分为普通黄铜和特殊黄铜。

普通黄铜是普通的铜锌二元合金。如 H80、H62 等,“H”为黄铜,数字表示平均铜质量百分数。主要用于制造散热器、导热零件、电气零件等。复杂黄铜是为获得更高的强度、抗蚀性和良好的铸造性能,在铜锌合金中加入 Al、Si、Pb、Mn、Fe、Ni 等元素形成各种特殊黄铜。如铝黄

铜、硅黄铜、铅黄铜、锰黄铜、铁黄铜、镍黄铜等。如 HPb60-1 表示平均成分为含铜 60%，含铅 1%，其余为锌的铅黄铜。特殊黄铜主要用于制造海运机械及其它机械耐蚀件，如螺母、螺旋桨、重型蜗杆、齿轮、缸套、轴承、内燃机散热器本体等。

铸造黄铜如“ZCuZn38”和“ZCuZn16Si4”分别表示含锌量为 38%，余量为铜的铸造普通黄铜和含锌量为 16%，含硅量为 4%，余量为铜的复杂黄铜。

青铜：铜锡合金称为青铜。但习惯上把含铝、硅、铍、锰、铅等元素的铜基合金都称为青铜，如锡青铜、铝青铜、铍青铜等。青铜按加工方法不同又分为加工青铜和铸造青铜，如加工青铜 QSn4-3，表示含锡 4%，含锌 3%，余量为 Cu 的锡青铜。铸造青铜的表示方法同于铸造黄铜，如 ZCuSn10Zn2。青铜主要用于制造耐蚀件、耐磨件、弹簧元件等，如飞机、拖拉机、汽车轴承、齿轮、蜗轮、蜗杆、船舶及电气零件等。

(四)钢铁材料现场鉴别方法

1. 钢铁材料的火花鉴别

将钢铁材料轻压在旋转的砂轮上打磨，观察迸射出火花的形状和颜色，以近似判断钢铁化学成分的方法称火花鉴别。

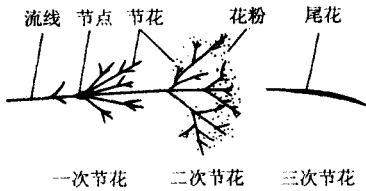


图 1-1 火花束的流线、节点、节花、尾花

(1) 火花的组成 被测材料在砂轮上磨削时产生的全部火花称火花束。整束火花由流线、节点、节花和尾花组成，见图 1-1。流线是高温粉末颗粒高速飞行轨迹线。流线上火花爆裂的原点称节点，呈明亮色。节点处爆裂出许多小流线(芒线)及点状火花(花粉)组成节花。通常有一次节花、二次节花、三次节花等。流线尾部的火花称尾花，通常有羽尾花(铸铁)、直羽尾花(常用非合金钢)、狐尾尾花和枪尖尾花(常见于合金钢)等。不同化学成分的钢铁材料其流线形状、节花次数、尾花形状等都有所不同。

(2) 常用钢铁材料的火花特征 非合金钢的火花特征为含碳量越高，流线越多，火花束变短，爆花增加，花粉也增多，火花亮度增加，手感变硬。而铸铁的火花束较粗，颜色多为橙红带桔红，流线较多，尾部渐粗，下垂成弧形，一般为二次爆花，花粉较多，火花试验时手感较软。详细特征见表 1-4。

表 1-4 钢铁火花特征

钢号	火花束	颜色	流线	节花	形状特征
20	长	橙黄带红	呈弧形	芒线稍粗，有二次爆花。	
45	稍短	橙黄(较亮)	较细且多	芒线多叉，花粉较多，较多二次爆花。	
T12	短粗	暗红(更亮)	细密且多	碎花、花粉多，多次爆花。	
铸铁	较粗	橙红带橘红	较粗	花粉较多，多为二次爆花。	

2. 色标鉴别

生产中为了表明金属材料的牌号、规格等，也常在材料上做涂色、打印、挂牌等标记。金属材料的涂色标志是以表示钢种、钢号的颜色，涂在材料一端的端面或端部，成捆交货的钢应涂

在同一端的端面上,盘条则涂在卷的外侧。具体的涂色方法在有关标准中做了详细的规定,生产中可以根据材料的色标对钢铁材料进行鉴别。

3. 断口鉴别

材料或零部件因受某些物理、化学或机械因素影响而导致破断所形成的自然表面称为断口。生产现场常根据断口的自然形态来判定材料的韧脆性,亦可据此判定相同热处理状态的材料含碳量的高低。若断口呈纤维状,无金属光泽,颜色发暗,无结晶颗粒,且断口边缘有明显的塑性变形特征,则表明钢材具有良好的塑性和韧性,含碳量较低;若断口齐平,呈银灰色,且具有明显的金属光泽,有明显的结晶颗粒,则表明材料属脆性断裂,含碳量较高;而过共析钢或合金钢经淬火及低温回火后,断口常呈亮灰色,具有绸缎光泽,类似于细瓷器断口特征。

4. 音响鉴别

生产现场有时也可采用敲击辨音来区分材料。例如,敲击铸铁时发出的声音较低沉,而敲击钢材时则可发出较清脆的声音,且随钢中碳含量的增加而明显。据此可对钢铁进行初步鉴别,但有时准确性不高。若要准确地鉴别材料,在以上几种生产现场鉴别的基础上,一般还可采用化学分析、金相检验、硬度试验等实验室分析手段对材料进行进一步的鉴别。

四、常用非金属材料及其它材料简介

(一)工程塑料

1. 塑料的组成

塑料是以天然或合成树脂为主要成分,加入各种添加剂(增塑剂、固化剂、稳定剂、润滑剂、着色剂、阻燃剂、发泡剂等)组成的一种高分子材料。它在一定温度和压力下能加工(塑制)成形,在常温下能保持其形状不变。它是目前世界上产量最高、应用最广的高分子材料。工程塑料在工程中能代替金属材料作结构件,受到世人的高度重视。

2. 塑料的分类

塑料的品种繁多,分类方法也很多。

(1) 按用途可分为通用塑料、工程塑料和特殊塑料三大类。

通用塑料:产量大,价格低,性能一般,常用的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料。可作为日常生活用品、包装材料及受力不大的小型机械零件。

工程塑料:工程塑料具有良好的综合性能(机械性能、电性能、化学性能以及耐热性、耐磨性和尺寸稳定性等),是一类新型结构材料。可代替金属作某些机械零件。常用的有聚甲醛、聚酰胺、聚碳酸酯、ABS、聚砜、聚四氟乙烯等。与通用塑料相比,其产量较少,价格较高。在汽车、机械、化工等部门用于制造机械零件、工程结构、工业容器和设备等。

特殊塑料:指具有某些特殊性能的塑料。这类塑料具有高的耐热性或高的电绝缘性及耐腐蚀性等。如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂等。还包括为某些专门用途而改性制得的塑料、导磁塑料以及导热塑料等。这类塑料虽然产量小、价格贵,但在发展国防工业和尖端技术中有着重要作用。

(2) 按树脂的热性能可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

热塑性塑料:简单地说,热塑性塑料是由可以多次反复加热,而仍具有可塑性的合成树脂制得的塑料。它能溶于有机溶剂,可反复加热软化,加工成形使用。常用的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS等塑料。

热固性塑料:简单地说,热固性塑料是由加热硬化的合成树脂制得的塑料。固化后重复加

热不再软化和熔融,亦不溶于有机溶剂,也不能再成形重复使用。常用的有酚醛塑料、环氧树脂塑料、氨基塑料等。

3. 塑料制件生产

塑料制件生产即塑料成形加工,是根据塑料性能,利用各种成形加工手段,使之成为具有一定形状和使用价值的制件。

塑料制件生产主要包括成形加工、机械加工、修饰和装配等四个生产过程。其中成形加工是最重要的生产过程,其它三个生产过程视制件要求而选择取舍。

塑料成形加工方法很多,主要有注射成形、压缩成形、压注成形、挤出成形、中空吹塑成形等。有关各成形方法的原理、特点与应用将在本章 1-3 节讨论。

(二) 合成橡胶材料

橡胶是以生胶为主要组分加入适量配合剂(如硫化剂、硫化促进剂、防老化剂、补强剂和填充剂等)组成的高分子弹性体。生胶会因温度的升高而变软发黏,它要经过加热、加压的硫化处理,使各分子链间相互交联成网状结构,即成橡胶制品才能使用。

橡胶最大的特点是高弹性。即具有优良的伸缩性和可贵的积储能量的能力,成为常用的弹性材料、密封材料、减振、抗振材料和传动材料。它还具有良好的耐磨性、隔音性和阻尼特性。但橡胶的耐臭氧性和耐辐射性较差。

合成橡胶的种类繁多,工业上常用的有丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶、丁基橡胶等。此外,还有耐油的丁腈橡胶,耐蚀性强的氟橡胶、既耐热又耐寒的硅橡胶等。

(三) 陶瓷材料

陶瓷是一种无机非金属材料,它可分为普通陶瓷和特种陶瓷两大类。前者以黏土、长石和石英等天然原料,经粉碎、成形和烧结而成,主要用于日用、建筑和卫生用品,以及工业上的低压电器、高压电器,耐酸及过滤器皿等。后者是以人工化合物为原料(如氧化物、氟化物、碳化物、硅化物、硼化物及氮化物等)制成的陶瓷,如氧化铝陶瓷、氮化硅陶瓷、氮化硼陶瓷、碳化硅陶瓷等。特种陶瓷具有独特的力学、物理、化学及电、磁、光学等性能,如硬度和抗压强度高,耐磨损、耐高温、抗氧化、耐腐蚀及优良的绝缘性等,但塑性差,抗急冷性能差,易破碎。主要用于化工、冶金、机械、电子、能源及一些新技术领域中,如耐蚀水泵、阀门、热电偶套管、燃气轮机转子叶片、切削加工刀具等。

(四) 复合材料

由两种或两种以上化学成分不同或组织不同的物质,经人工合成获得的多相材料称为复合材料。人工合成的复合材料一般是由高韧性、低强度、低模量的基体和高强度、高模量的增强组分组成。与传统材料相比,具有比强度(抗拉强度与相对密度之比)和比模量(弹性模量与相对密度之比)大、抗疲劳性能好、减振性好、耐高温性能好、断裂安全性好及耐蚀性和工艺性也较好等特点。但复合材料为各向异性,其横向抗拉强度和层间剪切强度不高,伸长率较低,抗冲击性能差,制造成本较高。

复合材料按基体材料分为非金属基体和金属基体复合材料,其中非金属基体包括有机材料如塑料、橡胶等,无机材料如陶瓷、玻璃等。按结构特点分为纤维增强复合材料、层叠复合材料、粒子增强复合材料和骨架复合材料。其中以纤维增强复合材料应用最广。如以塑料为基与玻璃纤维复合的称为玻璃钢,可制作减摩、耐磨的机械零件、密封件、仪器仪表零件、管道、泵阀、汽车船舶壳体,以及建筑结构,飞机的旋翼等。

(五) 粉末冶金材料

1. 粉末冶金材料及其特点

粉末冶金是一种将金属、合金、金属化合物或非金属粉末均匀混合、压制成形后,经高温烧结而制成合金材料的工艺,该合金材料称为粉末冶金材料。

采用粉末冶金法压制成形的制品,能控制其孔隙度,生产各种多孔材料;能制造如钨、钼等难熔金属材料的制品;对相对密度或熔点相差悬殊的材料,制成粉末冶金材料,能充分发挥各合金组元的特性,获得良好的综合性能;粉末冶金制品形状、尺寸可达到或接近零件要求,因此,粉末冶金法是一种少、无切削的加工方法,可大大提高生产率和材料利用率。

2. 常用粉末冶金材料

粉末冶金材料包括金属材料及合金、一些陶瓷材料及复合材料等,按用途可分为机器零件材料、工具材料、高温材料、电工材料、磁性材料等。

(1) 粉末冶金机器零件材料

这类材料包括减摩材料、结构材料、多孔材料、密封材料、摩擦材料等。

减摩材料有铁基、铜基含油轴承材料、铜铝钢背双金属复合材料、金属塑料材料、固体润滑轴承材料等,用于制造滑动轴承、垫圈、球头座、密封圈等。

结构材料是以常用非合金钢粉或合金钢粉为主要原料,用粉末冶金法制造结构零件的材料。这类零件具有少、无切削的特点,且还可以通过锻造、热处理来提高性能。主要用于制造齿轮、凸轮轴、连杆、轴承、衬套、垫圈、离合器等。

多孔材料主要由青铜、不锈钢、镍等制成的。主要用于过滤、分离、催化、渗透、气流分配、热交换等方面。

摩擦材料有铜基、铁基等金属类及碳基、塑胶基、石棉塑料基等有机物类。主要用于制造汽车、重型机械、飞机中的刹车片、制动片、离合器片、变速箱摩擦片等。

(2) 粉末冶金工具材料

粉末冶金工具材料包括各种硬质合金、粉末高速钢、精细陶瓷(特种陶瓷)、金刚石-金属基复合材料等。

硬质合金是由难熔的金属碳化物(WC、TiC、TaC等)为基加入适量金属或合金粉末(如Co、Ni、高速钢等)为黏结相而制成的,具有金属性质的粉末冶金材料。具有高硬度(83~93HRA)、高热硬性和耐磨性,但冲击韧性低、脆性大、导热性差等性能特点。

硬质合金按其成分分为钨钴类硬质合金、钨钴钛类硬质合金和钨钴钛钽类硬质合金。详见第6章3节刀具材料。

(六) 纳米材料

纳米是一个尺度的度量。纳米材料体系的尺度一般界定为1~100 nm的范围。或者说是指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围或由它们作为基本单元构成的材料。它包括准零维纳米颗粒和纳米粉体材料(最富活力的组成部分);准一维的纳米管、纳米棒、纳米丝、纳米电缆等纳米材料;准二维的纳米颗粒膜、纳米薄膜和纳米多层膜;由纳米颗粒和纳米纤维构成三维体材料则称为块体材料。

由于纳米材料的小粒子尺寸进入纳米量级,具有量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应等特点,导致纳米微粒热、磁、光、敏感特性和表面稳定性不同于正常粒子。因而在催化、滤光、光吸收、医药、磁介质及新材料等方面具有广阔的应用前景,同时也推动基础研究的发展。如磁

流体和磁记录材料等磁性材料方面的应用。利用超微粒(比表面积巨大,表面活性高,对温度、湿度、光等敏感)制作敏感度高的超小型、低能耗、多功能传感器。利用微粒尺寸比生物体内细胞、红细胞小得多等特点进行细胞分离、细胞染色,也可利用纳米微粒制成特殊药物或新型抗体进行局部定向治疗等。纳米复合材料可以实现传统相图根本不相溶的两元素的合成,以及过去难以实现的有序相和无序相、铁磁相和反铁磁相的合成。如纳米微粒添加到常规陶瓷中可以增韧;纳米 Al_2O_3 弥散到透明的玻璃中,既不影响透明度,又提高了冲击韧性等。可以预计纳米科学与技术这一融科学前沿与高新技术于一体的新体系的发展,将给人类社会的发展和生活会起决定性的作用。

1-2 钢的热处理

一、钢的热处理工艺

热处理是指钢在固态下,通过不同的加热、保温、冷却方式,改变其表面或内部的组织结构,从而获得所需性能的一种工艺方法。

热处理是机械零件及工模具制造过程中的重要工序之一。其主要目的是消除毛坯缺陷,挖掘材料的强度潜力以及改善和提高零件及工模具的加工、使用性能,提高产品质量,延长使用寿命。因此,在汽车、拖拉机及各类机床上有 70% ~ 80% 的钢铁零件要进行热处理;工模具、量具及滚动轴承等则全部需要进行热处理。由于零件的成分、形状、尺寸大小、工艺性能及使用性能不同,热处理的方法及工艺参数也不同。常用的热处理方法有普通热处理(退火、正火、淬火和回火),表面热处理(表面淬火、化学热处理等)和特殊热处理等。

(一) 钢的退火与正火

1. 退火 退火是将钢加热到某一温度(常用非合金钢一般加热至 780 ~ 900℃),保温一定时间,然后随炉冷却或埋入导热性差的介质中缓慢冷却的一种工艺方法。经退火后的材料硬度较低,一般用布氏硬度试验法测试。常用的退火方法有消除中碳钢铸件缺陷的完全退火、改善高碳钢切削加工性能的球化退火和去除大型铸锻件应力的去应力退火等。

2. 正火 正火是将钢加热到某一温度(常用非合金钢一般加热至 800 ~ 900℃),保温一定时间后,出炉在空气中冷却的一种工艺方法。因正火比退火的冷却速度快,所以,正火获得的组织较细,其强度、硬度较退火件稍高,而塑性、韧性略有下降。由于正火采用空冷,消除内应力不如退火工艺彻底。但因正火生产周期短,操作简便,因此低、中碳钢常用正火代替退火。低碳钢毛坯采用正火处理,硬度稍有提高,有利于切削加工。

退火与正火可用于毛坯零件的预备热处理。其目的在于:①改善或消除钢在热加工过程中造成的组织缺陷,消除内应力。②细化晶粒,为最终热处理做好组织准备。③调整硬度,改善组织,提高切削加工性能。

(二) 钢的淬火与回火

1. 淬火 淬火是将钢加热到临界温度以上(常用非合金钢一般加热到 760 ~ 820℃)保温一定时间,然后用较快的速度冷却,以得到高硬度组织的一种工艺方法。

淬火是钢件强化的最经济有效的热处理工艺,经淬火可显著提高零件和工模具、量具的硬度及耐磨性。几乎所有的工模具和重要零部件都需要进行淬火处理。

影响淬火质量的主要因素是淬火加热温度、冷却剂的冷却能力及工件投入冷却剂中的方