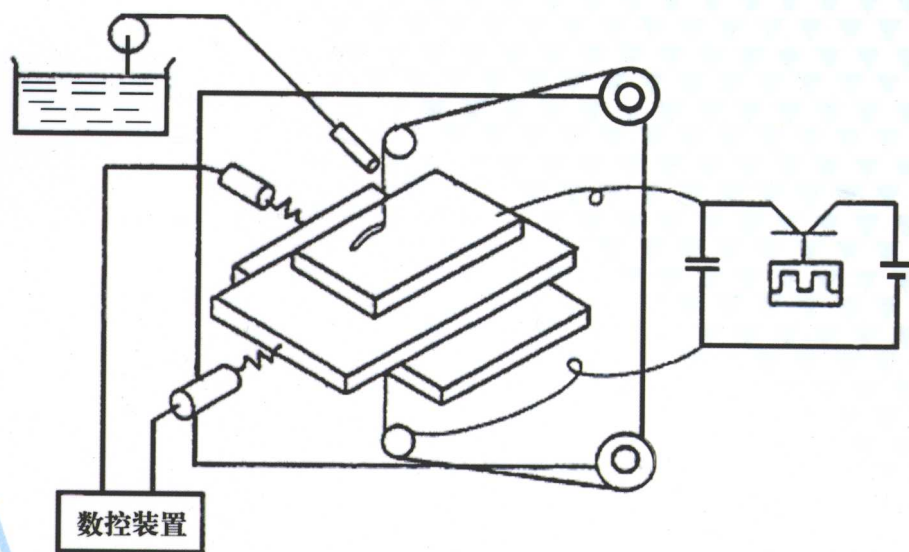


普通高等教育机电类规划教材

工程训练

马壮 赵越超 徐萃萍 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机电类规划教材

工 程 训 练

主编 马 壮 赵越超 徐萃萍
参编 孙方红 王明国 董世知 魏家鹏
主审 梁延德



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据教育部工程材料及制造基础课程指导小组制订的“普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”，并结合培养应用创新型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书内容包括工程材料基础知识，电工、热处理、铸造、锻造、焊接、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、钳工、数控加工、特种加工、塑性成型等基本知识和操作方法。书中材料牌号、机械设备型号、名词术语全部采用新标准。本书内容具有综合性、实践性和科学性的特点。

本书以传统工艺为基础，进而介绍先进的制造工艺和方法，并处理好传统工艺与先进工艺的比例关系。注重培养学生理论联系实际意识，通过让学生实际制作工件来强化学生的工程训练效果，发挥学生的潜力，提高学生的创新意识。

本书是高等工科院校机械、材料类专业的工程训练教材，也可供近机类、非机类和职工大学、电视大学等的相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练/马壮，赵越超，徐萃萍主编. —北京：
机械工业出版社，2009.7

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-27558-9

I. 工… II. ①马…②赵…③徐… III. 机械制
造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 114420 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：蔡开颖 版式设计：张世琴 责任校对：申春香

封面设计：赵颖喆 责任印制：李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.25 印张·349 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-27558-9

定价：27.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379713

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部工程材料及制造基础课程指导组制订的“普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”，并结合培养应用创新型工程技术人才的实践教学特点，组织具有长期从事金工实习教学经验的教师编写的。

本书在编写过程中，贯彻素质教育思想，注重学生创新能力培养，注意突出以下特点：

1. 合理调整内容，充实现代制造技术，工程训练与理论教学两部分教材各有侧重，紧密配合，避免了两者之间相互割裂与无效重复。

2. 根据工程教育实践性强的特点，强调理论与实践的结合，突出实践性和适用性，在充实和完善工程训练的同时，穿插一些实验内容，注重学生工程意识的培养和工程实践能力的提高。

3. 力求内容精练，以培养实践能力为出发点，结合生产实际，在精讲普通生产工艺和操作的基础上，对工艺操作中的难点和常见问题的处理方法作了介绍，还介绍了一些常见的新工艺和新技术，并贯彻了材料及工艺的国家新标准。

4. 注重各工艺的具体应用和学生创新能力培养，各章基本上都附有加工工艺实例，培养学生解决实际问题和学生创新的能力。

5. 为帮助学生加强对基本内容的理解和运用，各章后面均附有复习思考题，起到复习、加深理解、能力训练的作用。

本书由辽宁工程技术大学马壮教授、赵越超教授、徐萃萍教授主编。马壮编写了前言、第一、第九章；孙方红编写了第二、第十二章；赵越超编写了第三、第五章；徐萃萍编写了第四章；董世知编写了第六、第十章；王明国编写了第七、第八章；魏家鹏编写了第十一章。本书由大连理工大学梁延德教授主审，梁延德教授对本书提了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编写水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 工程材料基础知识 1

第一节 工程材料分类 1

第二节 金属材料 2

第三节 非金属材料 9

第四节 复合材料 11

复习思考题 12

第二章 电工 14

第一节 安全用电 14

第二节 卧式车床的电气控制 17

第三节 电工仪表简介 24

复习思考题 28

第三章 铸造 29

第一节 型砂和型芯砂 29

第二节 常用造型方法 32

第三节 合金的熔炼 44

第四节 铸件的浇注、落砂、 清理及缺陷分析 47

复习思考题 50

第四章 锻压 51

第一节 金属加热与锻件冷却 51

第二节 自由锻造 53

第三节 胎模锻造 57

第四节 板料冲压 58

复习思考题 60

第五章 焊接 62

第一节 焊条电弧焊 62

第二节 气焊与气割 68

第三节 其他焊接方法 73

第四节 常见焊接缺陷及其检验方法 75

复习思考题 77

第六章 金属热处理 78

第一节 钢的热处理工艺 78

第二节 常用热处理设备 81

第三节 热处理常见缺陷 82

第四节 洛氏硬度测试 83

复习思考题 84

第七章 金属切削加工基本知识 85

第一节 切削加工的基本概念 85

第二节 切削加工质量 90

第三节 金属切削机床基本知识 92

第四节 常用量具 97

复习思考题 101

第八章 车削加工 102

第一节 卧式车床 102

第二节 车刀的基本知识 108

第三节 车床的夹具及工件安装 110

第四节 车削基本工作 115

第五节 车削回转成形面及螺纹 122

复习思考题 125

第九章 铣削、刨削和磨削加工 127

第一节 铣削加工 127

第二节 刨削加工 139

第三节 磨削加工 147

复习思考题 154

第十章 钳工 155

第一节 划线 155

第二节 锯削与锉削 160

第三节 攻螺纹和套螺纹 164

第四节 孔加工 166

第五节 铰削与刮削 171

第六节 装配和拆卸 173

复习思考题 175

第十一章 数控加工 176

第一节 概述 176

第二节 数控车床 178

第三节 数控铣床 185

第四节 加工中心 189

第五节 数控机床编程基础	192	第二节 工业机器人	211
复习思考题	202	第三节 塑料成型	216
第十二章 特种加工、工业机器人及		复习思考题	219
塑料成型	205	参考文献	220
第一节 特种加工	205		

第一章 工程材料基础知识

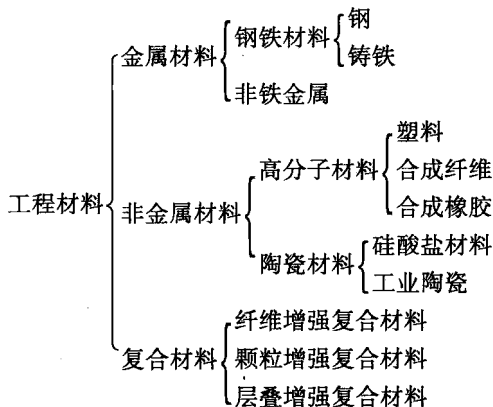
机械制造过程中的主要工作，就是利用各种工艺和设备将原材料加工成零件或产品。因此，工程训练的过程就是一个与各种材料打交道的过程。例如，工程训练过程中所加工的各种工件，训练中所使用的刀具、量具和其他工具，所操作的机床等，都是各种各样的工程材料制造出来的。由此可见，有必要对工程材料的基础知识有所了解。

第一节 工程材料分类

工程材料是指具有一定性能，在特定条件下能够承担某种功能、被用来制造零件和工具的材料。

一、工程材料的分类

工程材料有各种不同的分类方法。常用的工程材料(按成分)可分为以下类型：



二、工程材料的应用

金属材料来源丰富，并具有优良的使用性能和加工性能，是机械工程中应用最普遍的材料，常用以制造机械设备、工具、模具，广泛应用于工程结构中，如船舶、桥梁、锅炉等。

但随着科技与生产的发展，非金属材料与复合材料的应用也得到了迅速发展。工程非金属材料具有较好的耐蚀性、绝缘性、绝热性和优异的成形性能，而且质轻价廉，因此发展速度较快。以工程塑料为例，全世界的年产量以 300% 的速度飞速增长，已广泛应用于轻工产品、机械制造产品、现代工程机械，如家用电器外壳、齿轮、轴承、阀门、叶片、汽车零件等。而陶瓷材料作为结构材料，具有强度高、耐热性好的特点，广泛应用于发动机、燃气轮机，如作为耐磨损材料，则可用做新型的陶瓷刀具材料，能极大提高刀具的使用寿命。复合材料则是将两种或两种以上成分不同的材料经人工合成获得的。它既保留了各组成材料的优点，又具有优于原材料的特性。其中碳纤维增强树脂复合材料，由于具有较高的比强度、比模量，因此可应用于航天工业中，如火箭喷嘴、密封垫圈等。

在工程训练中,遇到的大多是金属材料,而且主要是钢铁材料。

第二节 金属材料

金属材料是最重要的工程材料,包括金属和以金属为基的合金。工业上把金属和其合金分为两大部分:一类是钢铁材料,包括铁、锰、铬及其合金,其中以铁基合金(即钢和铸铁)应用最广;另一类是非铁金属,是指除钢铁材料以外的所有金属及其合金。由于钢铁材料力学性能比较优越,价格也较便宜,因此在工业中应用最广。

为了更合理使用金属材料,充分发挥其作用,必须掌握各种金属材料制成的零、构件在正常工作情况下应具备的性能(使用性能)及其在冷、热加工过程中材料应具备的性能(工艺性能)。

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。使用性能包括力学性能(如强度、塑性及冲击韧度等)、物理性能(如电性能、磁性能及热性能等)、化学性能(如耐腐蚀性、抗高温氧化性等)。工艺性能则随制造工艺不同,分为锻造、铸造、焊接、热处理及切削加工性等。其中力学性能是工程材料最重要的性能指标。

1. 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出的性能。常用的力学性能主要有:强度、塑性、硬度、冲击韧度等。

(1) 强度 它是指材料抵抗外力作用下变形和断裂的能力,符号为 σ ,单位为MPa。测定强度最基本的方法是拉伸试验。从一个完整的拉伸试验记录中,可以得到许多有关该材料的重要性能指标,如材料的弹性、塑性变形的特点和程度,屈服强度和抗拉强度等。工程中常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。屈服强度是指材料刚开始产生塑性变形时的最低应力值,用 σ_s 表示。抗拉强度是指材料在破坏前所能承受的最大应力值,用 σ_b 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;对于因断裂而失效的零件,则用抗拉强度作为其强度设计的依据。

(2) 塑性 即在外力作用下,材料产生永久变形而不被破坏的能力。在拉伸、压缩、扭转、弯曲等外力作用下所产生的伸长、扭曲、弯曲等,均可表示材料的塑性。工程中常用的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率。断后伸长率是指拉伸试样在拉断后标距的伸长量与原标距长度之比的百分率,用 δ 来表示。断面收缩率是指在试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原横截面积的百分比,用 ψ 来表示。

断后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锻造、轧制等的必要条件,也是保证机械零件工作安全,不发生突然脆断的必要条件。

(3) 硬度 它是指材料抵抗局部塑性变形的能力,是衡量材料软硬程度的力学性能指标。硬度试验,设备简单,操作方便,不用特制试样,可直接在原材料、半成品或成品上进行测定。对于脆性较大的材料,如淬硬的钢材、硬质合金等,只能通过硬度测量来对其性能进行评价,而其他如拉伸、弯曲试验方法则不适用。对于塑性材料,可以通过简便的硬度测量,来大致定量地估计其强度性能指标,这在生产实际中是非常有用的。常见的有布氏硬度

(用 HBW 表示)、洛氏硬度(用 HR 表示)和维氏硬度(用 HV 表示)等。

一般材料的硬度越高,其耐磨性越好,且材料的硬度与其本身的力学性能和工艺性能之间存在一定的对应关系,所以硬度是材料最常用的性能指标之一。

(4) 冲击韧度 它是指材料在冲击载荷作用下,抵抗冲击力的作用而不被破坏的能力。冲击韧度的测量方法,应用最普遍的是一次摆锤冲击试验。通常用冲击韧度 α_k 来度量,单位为 J/cm^2 。 α_k 值越大,表示材料的冲击韧度越好。一般情况下,把 α_k 值低的材料称为脆性材料, α_k 值高的材料称为韧性材料。

2. 金属材料的工艺性能

工艺性能是指材料在加工过程中所表现出的性能。材料工艺性能的好坏,直接影响到制造零件的工艺方法和质量以及制造成本。所以,选材时必须充分考虑工艺性能。

(1) 锻造性能 它是指材料是否易于进行压力加工的性能。锻造性能好坏主要以材料的塑性和变形抗力来衡量。一般来说,钢的锻造性能较好,而铸铁锻造性能极差,不能锻造。

(2) 铸造性能 它是指浇注铸件时,材料能充满比较复杂的铸型并获得优质铸件的能力。对金属材料而言,铸造性能主要包括流动性、收缩率、偏析倾向等指标。流动性好、收缩率小、偏析倾向小的材料其铸造性也好。

(3) 焊接性能 它是指材料是否易于焊接在一起并能保证焊缝质量的性能,一般用焊接处出现各种缺陷的倾向来衡量。低碳钢具有优良的焊接性,铜合金和铝合金的焊接性能较差,而灰铸铁的焊接性能很差。

(4) 热处理工艺性能 钢的热处理工艺性能主要考虑其淬透性,即钢在淬火时淬透的能力。含锰、铬、镍等合金元素的合金钢淬透性比较好,碳钢的淬透性较差。

(5) 切削加工性 它是指材料是否易于切削加工的性能。它与材料种类、成分、硬度、韧性、导热性及内部组织状态等因素有关。有利切削的硬度为 $170 \sim 230\text{HBW}$,切削加工性好的材料,切削容易,刀具磨损小,加工表面光洁。

二、常用的钢材

工业中把碳的质量分数在 $0.02\% \sim 2.11\%$ 的铁碳合金称为钢。由于钢具有良好的力学性能和工艺性能,因此在工业中获得了广泛的应用。

1. 钢的分类

钢的种类很多,分类的方法也很多。常用的分类方法有以下几种:

(1) 按化学成分 可分为碳素钢和合金钢。

1) 碳素钢。根据含碳量的多少可分为低碳钢($w_c < 0.25\%$)、中碳钢($w_c = 0.25\% \sim 0.60\%$)、高碳钢($w_c > 0.60\%$)。

2) 合金钢。按加入的合金元素含量多少可分为低合金钢($w_{Me} < 5\%$)、中合金钢($w_{Me} = 5\% \sim 10\%$)、高合金钢($w_{Me} > 10\%$)。

(2) 按用途 可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

1) 结构钢。它又可分为工程结构用钢和机器零件用钢。

2) 工具钢。它用于制作各类工具,包括刃具钢、量具钢、模具钢。

3) 特殊性能钢。它又可分为不锈钢、耐热钢、耐磨钢。

(3) 按质量 可分为普通质量钢($w_{s,p} \leq 0.05\%$)、优质钢($w_{s,p} \leq 0.04\%$)、高级优质钢

($w_{s,p} \leq 0.03\%$)。

2. 钢的牌号、性能及应用

(1) 碳素钢 它可分为普通碳素结构钢、优质碳素结构钢和碳素工具钢。

1) 普通碳素结构钢。普通碳素钢的牌号表示方法通常由屈服强度“屈”字汉语拼音第一个字母(Q)、屈服强度数值、质量等级符号(A、B、C、D)及脱氧方法符号(F、b、Z、TZ)等四部分按顺序组成,如Q235—AF,表示屈服强度为235MPa的A级沸腾钢。碳素结构钢一般以热轧空冷状态供应,主要用来制造各种型钢、薄板、冲压件或焊接结构件以及一些力学性能要求不高的机器零件。

2) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的牌号用“两位数字”表示。两位数字是以平均万分数表示的碳的质量分数。如45钢,表示平均 $w_c = 0.45\%$ 的优质碳素结构钢。常用的优质碳素结构钢有:15钢、20钢,其强度、硬度较低,塑性好,常用做冲压件或形状简单、受力较小的渗碳件;40钢、45钢经适当的热处理(如调质)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、韧性的零件,如轴、齿轮、曲轴、螺栓、螺母;60钢、65钢经淬火加中温回火后,具有较高弹性极限和屈强比(σ_s/σ_b),常用以制造直径小于120mm的小型机械弹簧。

3) 碳素工具钢。碳素工具钢可分为优质碳素工具钢和高级优质碳素工具钢两类。它的牌号用“T+数字”表示,两位数字是以平均千分数表示的碳的质量分数。若为高级优质,则需在数字后加“A”。例如T10A钢,表示 $w_c = 1.0\%$ 的高级优质碳素工具钢。碳素工具钢常用的牌号为T7、T8、…、T13,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适合制作承受一定冲击的工具,如钳工錾子等;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。

(2) 合金钢 为了提高钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能,在冶炼中有目的地加入一些合金元素,这种钢称为合金钢。生产中常用的合金元素有锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛等。通过合金化,大大提高了材料的性能,因此合金钢在制造机器零件、工具、模具及特殊性能工件方面,得到了广泛的应用。常用合金钢的名称、牌号及用途见表1-1。

表 1-1 常用合金钢的名称、牌号及用途

名 称	常用牌 号	用 途
低合金高强度结构钢	Q345、Q420	船舶、桥梁、车辆、大型钢结构、重型机械等
合金渗碳钢	20CrMnTi	汽车、拖拉机的变速齿轮、内燃机上的凸轮轴等
合金调质钢	40Cr、35MnB	齿轮、轴类件、连杆螺栓等
合金弹簧钢	65Mn、60Si2Mn	汽车、拖拉机减振板簧、 $\phi 25 \sim 30\text{mm}$ 螺旋弹簧等
滚动轴承钢	GCr15	中、小型轴承内外套圈及滚动体(滚珠、滚柱、滚针)等
刀具钢	9SiCr、W18Cr4V	丝锥、板牙、冷冲模、铰刀、车刀、刨刀等
量具用钢	9Cr18	卡尺、外径千分尺、螺旋测微仪等
冷作模具钢	Cr12	大型复杂模具
热作模具钢	5CrMnMo	中、小型热锻模

三、钢铁材料鉴别

钢铁材料品种繁多，性能各异，因此对钢铁材料的鉴别是非常必要的。常用的鉴别方法有火花鉴别法、色标鉴别法、断口鉴别法和音响鉴别法等。

1. 火花鉴别

火花鉴别是将钢铁材料轻轻压在旋转的砂轮上打磨，观察迸射出的火花形状和颜色，以判断钢铁成分范围的方法。火花鉴别的要点是：详细观察火花的火束粗细、长短、花次层叠程度和它的色泽变化情况。注意观察组成火束的流线形态，火花束根部、中部及尾部的特殊情况 and 它的运动规律，同时还要观察火花的爆裂形态、花粉的大小和多少。

(1) 火花的形成和组成 火花由火花束、流线、节点、爆花和尾花组成。

火花束是指被测材料在砂轮上磨削时产生的全部火花，常由根部、中部、尾部三部分组成，如图 1-1 所示。

流线就是线条状火花，每条流线都由节点、爆花和尾花组成，如图 1-2 所示。

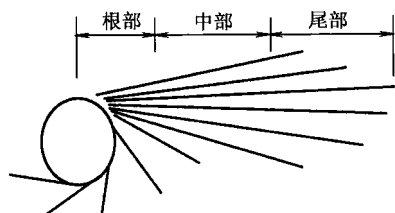


图 1-1 火花束

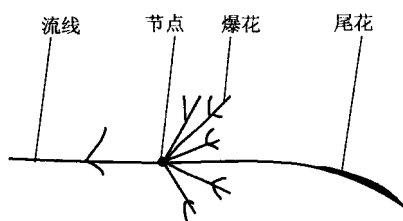


图 1-2 流线、节点、爆花、尾花

节点就是流线上火花爆裂的原点，呈明亮点，如图 1-2 所示。

爆花就是节点处爆裂的火花，由许多小流线（芒线）及点状火花（花粉）组成，如图 1-2 所示。通常，爆花可分为一次、二次、三次等，如图 1-3 所示。

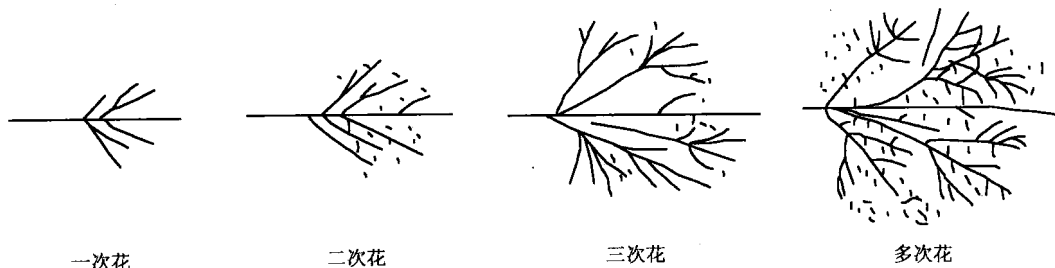


图 1-3 爆花的形成

尾花就是流线尾部的火花。钢的化学成分不同，尾花的形状也不同。通常，尾花可分为狐尾尾花、枪尖尾花、菊花状尾花、羽状尾花等。

(2) 常用钢铁的火花特征 碳是钢铁材料火花的基本元素，也是火花鉴别法测定的主要成分。由于含碳量的不同，其火花形状不同。

1) 碳素钢的火花特征。碳素钢的含碳量越高，则流线越多，火花束变短，爆花增加，花粉也增多，火花亮度增加。

20 钢：火花束长，颜色橙黄带红，流线呈弧形，芒线多叉，为一次爆花，如图 1-4 所示。

40 钢：火花束稍短，颜色橙黄，流线较细长而多，芒线多叉，花粉较多，爆裂为多根分叉三次花，如图 1-5 所示。

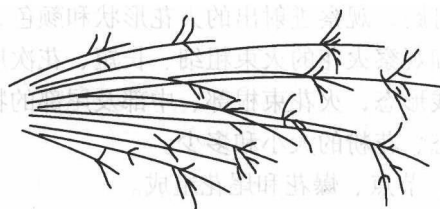


图 1-4 20 钢的火花特征

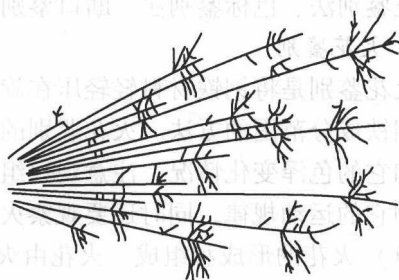


图 1-5 40 钢的火花特征

T12 钢：火花束短粗，颜色暗红，流线细密，碎花，花粉多，为多次爆花，如图 1-6 所示。

2) 铸铁的火花特征。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，图 1-7 所示为 HT200 的火花特征。

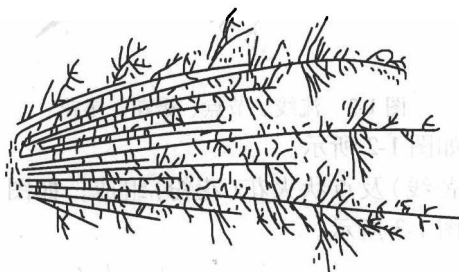


图 1-6 T12 钢的火花特征

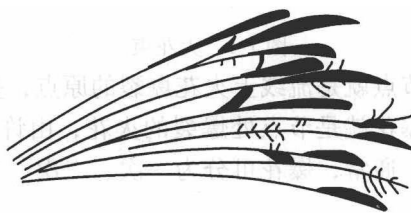


图 1-7 HT200 的火花特征

3) 合金钢的火花特征。合金钢中的各种合金元素对其火花形状、颜色产生不同的影响，如可抑制或助长火花的爆裂等。因此，也可根据其火花特征，基本上鉴定出合金元素的种类及大致含量，但不如碳钢的火花鉴定那样容易和准确，较难掌握。图 1-8 为 W18Cr4V (高速钢) 的火花特征示意图，其火花束细长，呈赤橙色，发光极暗，流线数量少，中部和根部为断续状，有时夹有波纹状流线；由于钨的影响，几乎没有火花爆裂，尾端膨胀、下垂成狐状尾花。



图 1-8 W18Cr4V 的火花特征

2. 色标鉴别

生产中为了表明金属材料的牌号、规格等，在材料上需要作一定的标记，常用的标记方法有涂色、打印、挂牌等。金属材料的涂色标记是以表示钢种、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作了详细的规定，生产中可以根据材料的色标对钢铁材料进行鉴别。如碳素

结构钢 Q235 钢为红色, 优质碳素结构钢 20 钢为棕色加绿色, 45 钢为白色加棕色, 铬轴承钢 GCr15 钢为蓝色, 高速钢 W18Cr4V 钢为棕色加蓝色, 不锈钢 1Cr18Ni9Ti 钢为绿色加蓝色等等。

3. 断口鉴别

材料或零部件因受某些物理、化学或机械因素的影响而导致断裂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; 若材料断口齐平, 呈银灰色, 且具有明显的金属光泽和结晶颗粒, 则表明材料属脆性断裂; 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。常用钢铁材料的断口特点大致如下: 低碳钢不易敲断, 断口边缘有明显的塑性变形特征, 有微量颗粒; 中碳钢的断口边缘的塑性变形特征没有低碳钢明显, 断口颗粒较细、较多; 高碳钢的断口边缘无明显塑性变形特征, 断口颗粒很细密; 铸铁极易敲断, 断口无塑性变形, 晶粒粗大, 呈暗灰色。

4. 音响鉴别

根据钢铁敲击时发出的声音不同, 以区别钢和铸铁的方法称为音响鉴别法。生产现场有时也可采用敲击辨音来区分材料。如当原材料钢中混入铸铁材料时, 由于铸铁的减振性较好, 敲击时声音较低沉, 而钢材敲击时则可发出较清脆的声音。故可根据钢铁敲击时声音的不同, 对其进行初步鉴别, 但有时准确性不高。而当钢材之间发生混淆时, 因其声音比较接近, 常需采用其他鉴别方法进行判别。

若要准确地鉴别材料, 在以上几种生产现场鉴别方法的基础上, 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、常用铸铁

铸铁是碳的质量分数在 2.11%~6.69%, 主要组成元素为铁、碳、硅, 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能、切削加工性、减振性、耐磨性、低的缺口敏感性, 并且成本较低, 因此在机械工业中得到广泛的应用。

1. 铸铁的分类

(1) 根据铸铁中石墨形状不同 铸铁可分为: 灰铸铁(石墨呈片状), 球墨铸铁(石墨呈球状)、可锻铸铁(石墨呈团絮状)和蠕墨铸铁(石墨呈蠕虫状)等。

(2) 根据铸铁中的碳的存在形式不同 可将铸铁分成: 白口铸铁(碳以 Fe_3C 形式存在), 灰铸铁(碳主要以片状石墨形式存在), 可锻铸铁(碳以团絮状石墨形式存在), 球墨铸铁(碳以球状石墨形式存在)。

2. 铸铁的牌号、性能及应用

(1) 灰铸铁 灰铸铁中碳主要以片状石墨的形式存在, 断口呈暗灰色, 故称灰铸铁。灰铸铁的牌号表示方法为“HT + 三位数字”, 其中“HT”是灰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, 单位为 MPa。常用的牌号为 HT100、HT150、…、HT350。灰铸铁的抗拉强度、塑性、韧性较低, 但抗压强度、硬度、耐磨性较好, 并具有铸铁的其他优良性能, 因此广泛应用于机床床身、手轮、箱体、底座等。

(2) 球墨铸铁 球墨铸铁是石墨呈球状分布的灰铸铁, 简称球铁。球墨铸铁的牌号表

示方法为“QT+数字—数字”，其中“QT”是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断后伸长率，如QT600—3，表示最低抗拉强度为600MPa，最小断后伸长率为3%的球墨铸铁。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。

(3) 可锻铸铁 可锻铸铁是用碳、硅含量较低的铁碳合金铸成白口铸铁坯件，再经过长时间高温退火处理，使渗碳体分解出团絮状石墨而成。可锻铸铁牌号表示方法为“KT+H(或B,或Z)+数字—数字”，其中“KT”是可铁两字汉语拼音的第一个字母，后面的“H”表示黑心可锻铸铁，“B”表示白心可锻铸铁，“Z”表示珠光体可锻铸铁，其后两组数字分别表示最低抗拉强度和最小断后伸长率，常用的有KTH300—06，表示最低抗拉强度为300MPa，最小断后伸长率为6%的黑心可锻铸铁。可锻铸铁具有较高的强度、塑性和韧性，多用于制造受振动、强度和韧性要求较高的小型零件。

(4) 蠕墨铸铁 蠕墨铸铁的石墨呈蠕虫状，短而厚，端部圆滑，分布均匀。蠕墨铸铁的牌号表示方法为“RuT+三位数字”，其中“RuT”是蠕铁两字汉语拼音的字首，三位数字表示最低抗拉强度，如RuT420。蠕墨铸铁的强度、韧性、疲劳强度等均比灰铸铁高，但比球墨铸铁低，由于其耐热性能较好，主要用于制造柴油机气缸套、气缸盖、阀体等。它是一种有发展前景的结构材料。

五、常用非铁金属

非铁金属材料种类很多，由于在自然界储藏量少，冶炼较困难，价格较贵，大多数强度比钢低，因而其产品和使用量不如钢铁材料多。但由于非铁金属具有某些特殊性能，因而非铁金属已成为现代工业不可缺少的金属材料。

非铁金属中应用最广的是铝及铝合金，仅次于钢铁材料。主要是因为它的密度小，熔点低，具有良好的导热性和导电性，且在大气中有优良的抗蚀性等。其次，铜及铜合金的应用也较广，主要由于它具有很高的导电性、导热性，优良的塑性与韧性，高的抗蚀性能等。现将常用铝合金和铜合金的牌号、性能与用途列于表1-2。

表 1-2 常用铝合金和铜合金的牌号、性能与用途

名 称	牌号或代号	性 能 特 点	用 途
铸造铝硅合金	ZL101	铸造性能好，需热处理	形状复杂的砂型、金属型和压力铸造零件
铸造铝锌合金	ZI401	不需要热处理	形状复杂的零件，工作温度不超过200℃
铸造黄铜	ZCuZn31Al2	强度较高，稍具耐蚀性，价格便宜	电气上要求导电、耐蚀及适当强度的结构件
铅黄铜	HPb59-1	切削加工性和耐磨性好	可承受冷热压力加工，适用于切削加工及冲压加工的各种结构零件
铸造锡青铜	ZCuSn10Pb1	铸造性能好，硬度高，耐磨性好	适于铸造减摩、耐磨零件
	ZCuSn5PbZn5	铸造性能好，耐磨性和耐蚀性好，易加工和气密性好	适于铸造配件、轴承、轴套等
铸造铝青铜	ZCuAl9Mn2	有较高的强度，耐磨性及耐蚀性好，可通过热处理强化，价格比锡青铜低	制造重载、耐磨零件

第三节 非金属材料

目前,工程材料仍然以金属材料为主,这大概在相当长的时间内不会改变。但近年来随着高分子材料、陶瓷等非金属材料的快速发展,在材料的生产和使用方面均有重大的进展,正在越来越多地应用于各类工程中。在某些领域非金属材料已经不是金属材料的代用品,而是一类独立使用的材料,有时甚至是一种不可取代的材料。

一、高分子材料

高分子材料为有机合成材料,也称高聚物。它具有较高的强度、良好的塑性、较强的耐腐蚀性能、很好的绝缘性和重量轻等优良性能,在工程上是发展最快的一类新型结构材料。

高分子材料品种繁多、性质各异,根据其性质和用途,可分为橡胶、塑料、合成纤维等。下面对其做简要介绍。

1. 塑料

塑料泛指应用较广的高分子材料。一般以合成树脂为基础,加入各种添加剂。塑料是通过化学方法从石油中获取的,其基本组织单元是可以与氢、氧、氮、氯或氟形成化合物的碳原子。塑料具有相对密度小,耐蚀性好(耐酸、碱、水、氧等),电绝缘性好,耐磨及减摩,消音、吸振等优点;缺点是刚度差、强度低、耐热性低、热膨胀系数大、易老化等。

塑料按树脂受热时的行为可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料加热时软化(或熔融),冷却后变硬,此过程可重复进行,且可溶于一定的溶剂,具有可熔可溶的性质。热固性塑料加热软化(或熔融),一次固化成型后,将不再软化(或熔融),此过程不能反复成型和再生使用。按塑料的使用范围可分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

常用的塑料有聚氯乙烯(PVC)、ABS塑料、聚酰胺(PA)、酚醛塑料(PF)等。

(1) 聚氯乙烯(PVC) 分为硬质和软质两种。硬质聚氯乙烯强度较高,绝缘性和耐蚀性好,耐热性差,用于化工耐蚀的结构材料,如输油管、容器、离心泵、阀门管件等。软质聚氯乙烯强度低于硬质聚氯乙烯,伸长率大,绝缘性较好,用于电线、电缆的绝缘包皮,农用薄膜,工业包装等。因其有毒,不能包装食品。

(2) ABS塑料 综合力学性能好,尺寸稳定性、绝缘性、耐水和耐油性、耐磨性好,长期使用易起层。常用于制造齿轮,叶轮,轴承,把手,管道,储槽内衬,仪表盘,轿车车身,汽车挡泥板,电话机、电视机、电机、仪表的壳体等。

(3) 聚酰胺(PA) 俗称尼龙或锦纶。强度、韧性、耐磨性、耐蚀性、吸振性、自润滑性、成型性好,摩擦因数小,无毒无味。常用的有尼龙6、尼龙66、尼龙610、尼龙1010等。广泛用于制造耐磨、耐蚀的某些承载和传动零件,如轴承、机床导轨、齿轮、螺母及一些小型零件。

(4) 酚醛塑料(PF) 俗称电木。具有良好的强度、硬度、绝缘性、耐蚀性、尺寸稳定性。常用于制造仪表外壳,灯头、灯座、插座,电器绝缘板,耐酸泵,制动片,电器开关,水润滑轴承等。

2. 橡胶

橡胶是在很宽的温度范围内($-50 \sim 150^{\circ}\text{C}$)都处于高弹性状态的高聚物材料。橡胶具有高弹性、耐疲劳性、耐磨性好和电绝缘性能良好等优点;缺点是耐热性、耐老化性差等。

橡胶按材料来源可分为天然橡胶和合成橡胶两大类。天然橡胶从橡胶树的浆汁中获取;合成橡胶以石油、天然气为原料,以二烯烃和烯烃为单体聚合而成的高分子。天然橡胶广泛应用于制造轮胎、胶带、胶管等。合成橡胶一般在性能上不如天然橡胶全面,但它具有高弹性、绝缘性、气密性、耐油、耐高温或低温等性能,因而广泛应用于工农业、国防、交通及日常生活中。

合成橡胶按其性能和用途可分为通用橡胶和特种橡胶两大类。通用橡胶是指凡是性能与天然橡胶相同或接近,物理性能和加工性能较好,能广泛用于轮胎和其他一般橡胶制品的橡胶;特种橡胶是指具有特殊性能的一类橡胶制品。人们常用的合成橡胶有丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶等,它们都是通用橡胶。特种橡胶有耐油性的聚硫橡胶、耐高温和耐严寒的硅橡胶等。

橡胶在工业中应用相当广泛,如制作各种机械中的密封件(如管道接头处的密封件),减振件(如机床底座垫片、汽车底盘橡胶弹簧),传动件(如V带、传送带上的滚子、离合器)以及电器上用的绝缘件和轮胎等。

3. 合成纤维

凡能保持长度比本身直径大100倍的均匀条状或丝状的高分子材料称为纤维,包括天然纤维和化学纤维。棉花、羊毛、木材和草类的纤维都是天然纤维。用木材、草类的纤维经化学加工制成的粘胶纤维属于人造纤维。利用石油、天然气、煤和农副产品作为原料制成单体,再经聚合反应制成的是合成纤维。合成纤维和人造纤维又统称化学纤维。

合成纤维是20世纪30年代开始生产的,具有比天然纤维和人造纤维更优越的性能。在合成纤维中,涤纶、锦纶、腈纶、丙纶、维纶和氯纶被称为“六大纶”。它们都具有强度高、弹性好、耐磨、耐化学腐蚀、不发霉、不怕虫蛀、不缩水等优点,而且每一种还具有各自独特的性能。它们除了供人类穿着外,在生产和国防上也有很多用途。例如,锦纶可制衣料织品、降落伞绳、轮胎帘子线、缆绳和渔网等。

随着新兴科学技术的发展,近年来还出现了许多具有某些特殊性能的特种合成纤维,如芳纶纤维、碳纤维、耐辐射纤维、光导纤维和防火纤维等。

二、陶瓷材料

陶瓷是一种无机非金属材料,种类繁多,应用很广。传统上“陶瓷”是陶器与瓷器的总称。后来,发展到泛指整个硅酸盐材料,包括玻璃、水泥、耐火材料、陶瓷等。为适应航天、能源、电子等新技术的要求,在传统硅酸盐材料的基础上,用无机非金属物质为原料,经粉碎、配制、成型和高温烧结制得大量新型无机材料,如功能陶瓷、特种玻璃、特种涂层等。陶瓷材料具有高熔点、高硬度、高弹性模量及高化学稳定性等优点,缺点是塑韧性差、强度低等。

陶瓷材料可以根据化学组成,性能特点或用途等不同方法进行分类。一般归纳为工程陶瓷和功能陶瓷两大类。

工程陶瓷是指应用于机械设备及其他多种工业领域的陶瓷,可分为电子陶瓷、工具陶瓷和结构陶瓷。电子陶瓷是生产自动化控制系统中的关键元件,它可起多功能的传感器作用;

工具陶瓷是制作刀具和模具的原材料,其性能可与金刚石、氮化硅相媲美;结构陶瓷是当今耐火材料的又一替代产品。功能陶瓷是具有电、磁、声、光、热、力、化学或生物功能等的介质材料。功能陶瓷材料种类繁多,用途广泛,主要包括铁电、压电、介电、热释电、半导体、电光和磁性等功能各异的新型陶瓷材料。例如,铁氧体、铁电陶瓷主要利用其电磁性能来制造电磁元件;介电陶瓷用来制造电容器;压电陶瓷用来制造位移或压力传感器;固体电解质陶瓷利用其离子传身特性可以制作氧探测器;生物陶瓷用来制造人工骨骼和人工牙齿等。超导材料和光导纤维也属于功能陶瓷的范畴。

第四节 复合材料

复合材料是由两种或两种以上性质不同的材料组合而成的一种多相材料,由基体材料和增强材料两部分组成。基体材料主要起粘结作用,一般为强度较低、韧性较好的材料,主要有金属、塑料、陶瓷等。增强材料主要起强化作用,一般为高强度、高弹性模量材料,包括各种纤维、无机化合物颗粒等。

一、复合材料的分类及应用

复合材料有多种分类方法。按复合形式与增强材料种类的不同,复合材料可分为以下几种。

1. 层叠增强复合材料

如图 1-9a 所示,层叠增强复合材料是以树脂为基体,用叠合方法将层状增强材料与树脂一层一层相间叠合而成的复合材料。用层叠复合材料制成汽车发动机的齿轮,可使机构实现低噪声运转。层状材料还常用来制成天线罩隔板、机翼、火车车厢内壁、饮料纸包装等。典型材料有钢-铜-塑料三层复合无油润滑轴承材料。

2. 纤维增强复合材料

如图 1-9b 所示,纤维增强复合材料是目前应用最广泛、消耗量最大的一类复合材料。用树脂做基体,玻璃纤维做增强材料制成的纤维增强复合材料,俗称玻璃钢。玻璃钢问世以来,工程界才明确提出了“复合材料”这一术语。除玻璃钢外,常用材料还有纤维增强陶瓷、橡胶轮胎等。这类材料主要用来制造各种要求自重轻的受力构件,如汽车的车身、船体、各种机罩、贮罐以及齿轮泵、轴承等。

3. 颗粒增强复合材料

如图 1-9c 所示,颗粒增强复合材料是由一种或多种颗粒均匀分布在基体材料内制成的,颗粒起增强作用。常见的种类有树脂与颗粒复合(如橡胶用炭黑增强)以及陶瓷颗粒与金属复合(如金属基陶瓷颗粒)。目前,应用最为广泛的碳化硅颗粒增强铝基复合材料早已实现大规模产业化生产,已批量用于汽车工业和机械工业中,生产大功率汽车发动机、柴油发动机的活塞、活塞环、连杆、制动片等。同时还用于制造火箭及导弹构件、红外及激光制导系统构件。

二、复合材料的特点

不同的复合材料具有不同的性能特点,非均质多相复合材料一般具有如下特点:

1. 高比强度和比模量

例如,碳纤维和环氧树脂组成的复合材料,其比强度是钢的 7 倍,其比模量比钢大 3