

普通高等教育“十三五”规划教材

工程训练

第2版

赵越超 董世知 李莉 主编



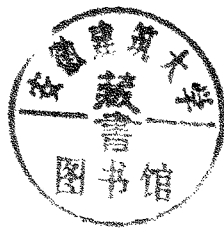
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

工 程 训 练

第2版

主编 赵越超 董世知 李 莉
参编 孟文霞 金 晓 杨春苗 郭 勇 魏家鹏
主审 梁延德



机械工业出版社

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。全书内容包括工程材料基础知识,电工、热处理、铸造、锻压、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、塑料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的国家标准。

本书可作为高等工科院校机械类和近机械类专业学生的工程训练教材,也可作为相关专业学生和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练/赵越超,董世知,李莉主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2015.9

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-51275-2

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第189333号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:蔡开颖 责任编辑:蔡开颖 周璐婷 冯 铄

责任校对:张 征 封面设计:张 静

责任印制:李 洋

三河市国英印务有限公司印刷

2015年10月第2版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·374千字

标准书号:ISBN 978-7-111-51275-2

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com



第2版前言

21 世纪,制造业的新技术、新工艺层出不穷。新时代的工程技术人员必须具有较强的工程素质和创新能力,跟上行业发展的需求。工程训练是机械类各专业学生必修的一门综合性和实践性很强的技术基础课。通过本课程的学习和实践,可以培养学生的工程实践能力、团队协作精神和创新意识,为培养应用型、复合型人才打下一定的理论与实践基础。

我们根据教育部课程指导小组修订的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和《金工实习教学基本要求》,结合高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系教学改革的需要,组织了多位具有多年实践教学经验的教师编写了本书。

本书具有以下特点:

1. 内容丰富,涵盖了工程训练的全部教学环节。包括工程材料、金属热处理、铸造、锻压、焊接、机械加工、钳工、电工等内容,并充实了现代制造技术等内容。

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内容的同时,穿插一些试验内容,注重学生创新能力和工程意识、工程实践能力的训练。实习与理论教学两部分各有侧重,紧密配合,避免了两者之间相互割裂与无效重复。

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,对工艺操作中难点和常见问题的处理方法作了介绍,适当地介绍一些新工艺和新技术,并贯彻了新的国家标准。

4. 为帮助学生加强对基本内容的理解和运用,注重各工艺的具体应用,各章都附有加工工艺实例和复习思考题,使学生加深对知识的理解,提高分析和解决实际问题的能力。

5. 本书文字简练,重点突出,深入浅出,通俗易懂。

本书 2010 年获得全国煤炭高等教育优秀教材一等奖、辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材。

本书由辽宁工程技术大学和烟台南山学院的老师合作编写。李莉编写前言、第一

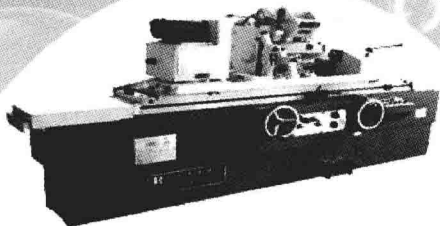


章，郭勇编写第二章、第十二章，赵越超编写第三章、第四章，孟文霞编写第五章，董世知编写第六章、第十章，金晓编写第七章、第八章，杨春苗编写第九章，魏家鹏编写第十一章。

本书由赵越超教授、董世知和李莉副教授主编，由大连理工大学梁延德教授主审。由于编者水平和经验有限，书中难免出现纰漏，敬请同行和读者批评指正。

编 者





第1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做了介绍，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新的国家标准。

4. 注重各工艺的具体应用和学生创新能力的培养，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。

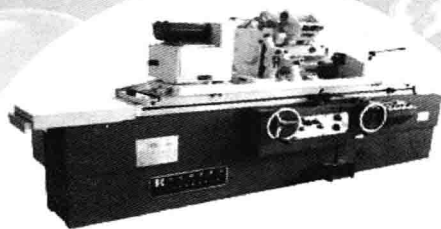
5. 为帮助学生加强对基本内容的理解和运用，各章后面均附有复习思考题，起到复习、加深理解、能力训练的作用。

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

第 2 版前言

第 1 版前言

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	13

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	18
第三节 电工仪表简介	25
复习思考题	29

第三章 铸造	30
第一节 型砂和型芯砂	31
第二节 常用造型方法	34
第三节 合金的熔炼	45
第四节 铸件的浇注、落砂、清理及 缺陷分析	49
复习思考题	52

第四章 锻压	53
第一节 金属加热与锻件冷却	53
第二节 自由锻造	55
第三节 模型锻造	59
第四节 板料冲压	62

复习思考题	64
-------------	----

第五章 焊接	66
第一节 焊条电弧焊	66
第二节 气焊与气割	73
第三节 其他焊接方法	77
第四节 常见焊接缺陷及其检验方法	79
复习思考题	81

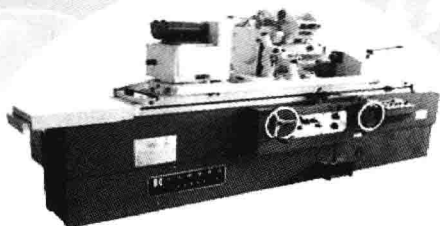
第六章 金属热处理	82
第一节 钢的热处理工艺	82
第二节 常用热处理设备	85
第三节 热处理常见缺陷	87
第四节 洛氏硬度测试	87
复习思考题	88

第七章 金属切削加工基本知识	89
第一节 切削加工的基本概念	90
第二节 切削加工质量	96
第三节 金属切削机床基本知识	98
第四节 常用量具	103
复习思考题	107

第八章 车削加工	108
第一节 车床	108
第二节 车刀的基本知识	115
第三节 车床的夹具及工件安装	118
第四节 车削基本工作	124



第五节 车削回转成形面及螺纹	131	第二节 数控车床	191
复习思考题	134	第三节 数控铣床	197
第九章 铣削、刨削和磨削加工	136	第四节 加工中心	201
第一节 铣削加工	136	第五节 数控机床编程基础	204
第二节 刨削加工	150	复习思考题	215
第三节 磨削加工	158	第十二章 特种加工、工业机器人及	
复习思考题	166	塑料成型	218
第十章 钳工	167	第一节 特种加工	218
第一节 划线	167	第二节 工业机器人	225
第二节 锯削与锉削	172	第三节 塑料成型	230
第三节 攻螺纹和套螺纹	176	第四节 在工程训练中培养学生的创新意识和创	
第四节 孔加工	178	新能力	233
第五节 铰削与刮削	183	复习思考题	234
第六节 装配和拆卸	185	参考文献	235
复习思考题	187		
第十一章 数控加工	188		
第一节 概述	188		



第一章

工程材料基础知识

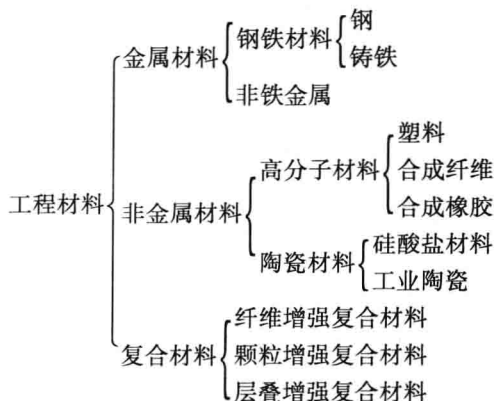
工程材料的不断开发、使用和完善,对人类的进化史和科学技术的发展,都起到了重要的作用。材料是人类生产与生活的物质基础。机械制造过程中的主要工作,就是利用各种工艺和设备将工程材料加工成零件或产品。工程材料是在各个工程领域中使用的材料,其种类繁多,用途广泛。我们要在工程训练中初步认识各种工程材料,了解工程材料的基础知识和性能。

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也得到了广泛应用。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,因此在工业生产中应用最广。

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较大变形和断裂的能力。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。屈服强度是指当材料呈现屈服现象时,在试验期间发生塑性变形而力不增加时的应力。抗拉强度是指材料在破坏前所能承受的最大应力值,用 R_m 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 A 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 Z 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 a_K 来度量，单位为 J/cm^2 。 a_K 值越大，表示材料的冲击韧度越好。一般情况下，把 a_K 值低的材料称为脆性材料， a_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 ~ 230HBW，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%~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,包括刀具钢、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)四部分按顺序组成,如Q235AF,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,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、 $\phi 25 \sim \phi 30\text{mm}$ 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、钻头
量具用钢	9Cr18	卡尺、外径千分尺等
冷作模具钢	Cr12	大型冲模、冷锻模、冷挤压模
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和它的运动规律，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。

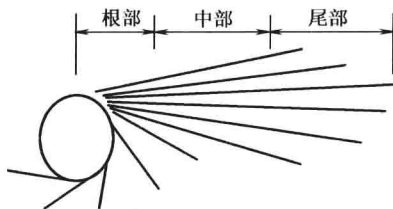


图 1-1 火花束

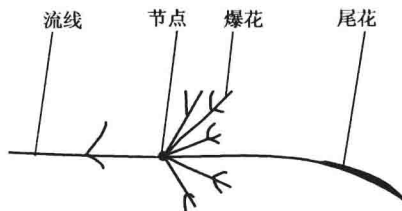


图 1-2 流线、节点、爆花、尾花

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。

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。

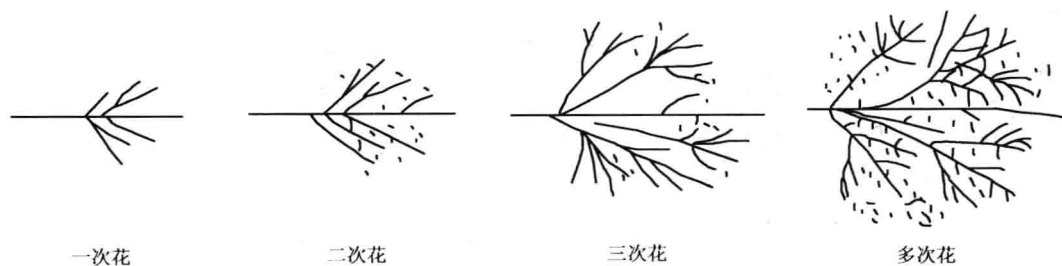


图 1-3 爆花的形成

(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

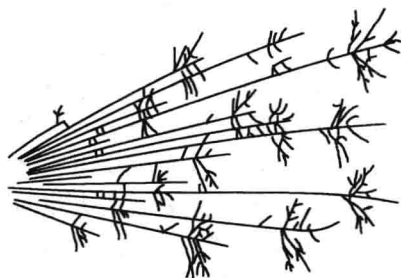


图 1-5 40 钢的火花特征

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，颜色多为橙红带橘红，流线较多，尾部渐粗呈羽状，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。

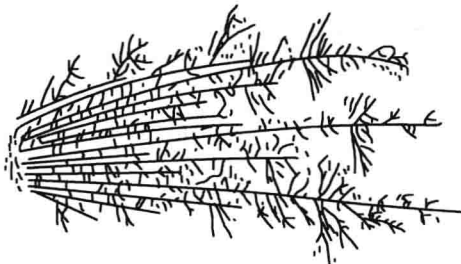


图 1-6 T12 钢的火花特征



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 (高速工具钢)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,在材料上需要做一定的标记,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。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,高速工具钢 W18Cr4V 钢为棕色加蓝色等。

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,也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）、球墨铸铁（碳以球状石墨形式存在）和可锻铸铁（碳以团絮状石墨形式存在）。

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耐蚀性等。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	ZL401	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, 具有可熔的性质。热

