

● 普通高等教育规划教材

ZHI ZAO JI SHU JI CHU SHI JIAN

制造技术基础实践

张木青 宋小春 主编



机械工业出版社
China Machine Press

普通高等教育规划教材

制造技术基础实践

主编 张木青 宋小春
主审 刘友和



机械工业出版社

本书以某些高校现有的设备为例,结合金工实习课程的改革实践,精选了传统机械制造的工艺方法和内容,引进电火花加工、微机数控线切割加工、微机数控车削加工、塑料成型技术等现代新设备、新技术、新工艺实习内容,增加表面工程技术、制冷设备基本知识及其维修、汽车结构与维修、钣金工、工业安全基本知识等章节,以适应各层次、多专业的实习需求。

本书适合于高等工科院校机械类、近机械类专业4~8周金工实习(含金工实验)教学使用。对非机械类专业,可根据其专业特点和后续课程的需要,有针对性地选择其中的实习内容组织教学。有关制冷设备基本知识及其维修、汽车结构与维修、钣金工、工业安全基本知识等内容,可供有实习条件的院校选用。本书还可作为有关工程技术人员和技工的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

制造技术基础实践/张木青,宋小春主编. —北京:
机械工业出版社, 2002.1

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-09618-5

I. 制... II. ①张... ②宋... III. 金属加工—工艺
—高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 088528 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:王霄飞 冯 铨 版式设计:冉晓华 责任校对:张 佳

封面设计:陈 沛 责任印制:付方敏

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·12.375 印张·479 千字

0 001—7 000 册

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

“金工实习”是一门实践性的技术基础课，是高等院校工科专业学生学习机械制造的基本工艺方法和技术，完成工程基本训练的重要必修课。随着现代工业制造技术的发展和高等院校实习条件的不断改善，金工实习已成为包括微机数控加工、塑料加工、表面处理等非传统实习内容在内的多工种的基本训练，并从适应现代工业需求出发，对实习内容进行了优化，以使培养出的学生能适应现代社会的要求。结合这一需要和金工实习的实际，我们编写了《制造技术基础实践》。

本书以教育部机械制造基础课程指导小组制定的“金工实习”和“金工实验”教学基本要求为指导，结合金工实习课程的改革实践，以近年来工科院校常用的实习项目为主线，精选了传统机械制造的工艺方法和内容，引进电火花加工、微机数控线切割加工、微机数控车削加工、塑料成型技术等现代新设备、新技术、新工艺实习内容，增加表面工程技术、制冷设备基本知识及其维修、汽车结构与维修、钣金工、工业安全基本知识等章节，以适应各层次、多专业的实习需求。

本书的编写过程是以某些院校现有的设备为例，结合金工实习的实际内容，介绍传统加工和新设备加工的基本制造技术和工艺。编写的思路是教材内容注重实际训练，举例实用，便于操作。在有关章节中，增加了实验内容的介绍，便于学生在实习过程中完成实验。每章的后面都有复习思考题，以帮助学生消化、巩固和深化教学内容以及进行实际训练和实验；某些章节的思考题中要求学生结合实际设计并制造出有一定创意和使用价值的制品，以便于在实习中开展创新设计与制造活动。对某些章节内容的处理上，注重完整性、实用性和实践性，因此占了较大的篇幅，如微机数控车削加工、微机数控线切割加工、表面工程技术等。

本书适合于高等工科院校机械类、近机械类专业4~8周“金工实习”（含“金工实验”）教学使用。对非机械类专业，可根据其专业特点和后续课程需要，有针对性地选择其中的实习内容组织教学。本书中的制冷设备基本知识及其维修、汽车结构与维修、钣金工、工业安全基本知识等章节可供有实习条件的院校选用。鉴于某些章节内容较完整和系统，本书还可作为有关工程技术人员和技工的自学参考书。

本书由华南理工大学工业培训中心的教师和工程技术人员编写。其中前言、第一、四、五、六章由张木青编写，第二、十、十五、十七章由宋小春编写，第十三章由蔡建新编写，第七章由郭武强编写，第十四、十八章由张礼鸿编写，第

IV

十二章由卢永坚编写，第三章由卢炯编写，第十六章由许超明编写，第九章由王红飞编写，第八章由汤永章编写，第十一章由汤永章、苏志伟编写，第十九章由刘友和编写。本书由张木青、宋小春主编，刘友和教授主审。张木青负责全书统稿与修改工作。

本书是对金工实习深化改革的初步尝试，加上编者水平所限，书中错误与欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2001年10月

目 录

前 言

第一章 金属材料基本知识	1
第一节 铁碳合金基本知识及显微组织观察	1
第二节 有色金属材料	6
第三节 金属材料的现场鉴别	7
第四节 钢的热处理	9
复习思考题	15
第二章 塑性成形	16
第一节 锻造成形	16
第二节 冲压成形	24
复习思考题	30
第三章 焊接与切割	31
第一节 概述	31
第二节 焊条电弧焊	31
第三节 气焊	38
第四节 气割	41
第五节 手工钨极氩弧焊	42
第六节 电阻焊	45
复习思考题	48
第四章 铸造成形	50
第一节 概述	50
第二节 砂型铸造工艺	51
第三节 合金的熔炼与浇铸	61
第四节 铸件质量分析	66
第五节 特种铸造简介	68
复习思考题	71
第五章 钳工	73
第一节 划线	73

第二节 锯削与铰削	78
第三节 铰削	84
第四节 孔及螺纹加工	89
第五节 刮削	98
第六节 装配	100
复习思考题	104
第六章 机械切削加工基础知识	106
第一节 切削运动与切削用量	106
第二节 常用量具及其使用方法	107
第三节 零件加工质量及检测	112
复习思考题	116
第七章 车削加工	117
第一节 卧式车床	118
第二节 车刀	123
第三节 车外圆、端面和台阶	130
第四节 切槽、切断、车成形面和滚花	135
第五节 车圆锥面	139
第六节 孔加工	140
第七节 车螺纹	142
第八节 车床附件的使用	144
第九节 典型零件车削工艺简介	149
复习思考题	153
第八章 铣削加工	154
第一节 铣床结构	154
第二节 铣刀及其安装	156
第三节 分度头结构及分度方法	158
第四节 铣削典型表面	160
第五节 典型零件的加工	164
复习思考题	165
第九章 刨削加工	167
第一节 概述	167
第二节 牛头刨床	168
第三节 刨刀和工件的安装	171
第四节 典型表面的刨削	173

第五节 刨削类机床简介	175
复习思考题	176
第十章 磨削加工和齿形加工	178
第一节 磨削加工	178
第二节 齿形加工	186
复习思考题	191
第十一章 电火花加工	192
第一节 概述	192
第二节 电火花成形机床的组成	194
第三节 电极设计与制造	195
第四节 电火花机床的操作	197
复习思考题	203
第十二章 微机数控线切割加工	204
第一节 线切割设备的组成和加工原理	204
第二节 加工程序的编制	206
第三节 微机数控线切割机床的操作	222
复习思考题	233
第十三章 微机数控车削加工	234
第一节 数控车床的组成和工作原理	234
第二节 GSK928 车床数控系统的编程及操作	238
第三节 GSK980T 车床数控系统的编程及操作	252
复习思考题	265
第十四章 塑料成型技术	267
第一节 常用塑料简介	267
第二节 注射成型	271
第三节 挤出成型	278
第四节 其他成型方法简介	282
复习思考题	284
第十五章 表面工程技术	285
第一节 表面工程技术的分类和用途	285
第二节 基体预处理	287
第三节 电镀与电铸	291

第四节 铝及铝合金的氧化、染色与化学腐蚀	302
复习思考题	312
第十六章 制冷设备基本知识及其维修	313
第一节 制冷设备的工作原理及结构	313
第二节 制冷系统的主要部件	317
第三节 制冷设备的使用与保养	324
第四节 常用维修工具及使用	326
第五节 制冷设备常见故障分析及维修	328
复习思考题	332
第十七章 汽车结构与维修	334
第一节 汽车的结构	334
第二节 汽车的使用与保养	353
第三节 汽车常见故障分析及维修	355
复习思考题	358
第十八章 钣金工	359
第一节 概述	359
第二节 钣金零件的加工过程	360
第三节 展开法	361
第四节 钣金工基本操作技术	363
第五节 联接	365
第六节 钣金工操作示例	367
复习思考题	369
第十九章 工业安全基本知识	370
第一节 概述	370
第二节 工业安全法规	371
第三节 机械安全工程	372
第四节 物料搬运安全常识	377
第五节 用电安全常识	378
第六节 防火与灭火	379
第七节 砂轮使用安全常识	381
第八节 化学药品和危险物料常识简介	382
复习思考题	383
参考文献	384

第一章 金属材料基本知识

第一节 铁碳合金基本知识及显微组织观察

一、铁碳合金的分类

铁碳合金是以铁为基础的合金，也是钢和铁的统称。通常碳的质量分数小于2%的铁碳合金称为钢，大于2%的铁碳合金称为铸铁。钢和铸铁是工业上应用最广泛的金属材料。

(一) 钢

钢根据其成分的不同常分为碳素钢和合金钢两大类。

1. 碳素钢

碳素钢是以铁和碳为主要组成元素而常含 Si、Mn、S、P 等杂质的铁碳合金。通常将碳的质量分数小于 0.25% 的钢称为低碳钢；碳的质量分数为 0.25%~0.60% 的钢称为中碳钢；碳的质量分数大于 0.60% 的钢称为高碳钢。

工业中按用途将碳素钢分为碳素结构钢、碳素工具钢等。

(1) 碳素结构钢 按磷、硫质量分数的不同，分为碳素结构钢和优质碳素结构钢，如表 1-1 所示。

表 1-1 碳素结构钢分类及用途

名 称	常用钢种	牌 号 意 义	应用举例
碳素结构钢	Q195, Q235, Q235A Q255, Q255B	数字表示最小屈服点。数字越大，碳的质量分数越高。A、B、C、D 表示质量等级	螺栓、连杆、法兰盘、键、轴等
优质碳素结构钢	08F, 08, 15, 20, 35, 45, 45Mn, 60, 60Mn	数字表示碳的质量分数，用万分之几表示。F 表示为沸腾钢。当锰的质量分数在 0.8%~1.2% 时加 Mn 表示	冲压件、焊接件、轴类、齿轮类、蜗杆、弹簧等

(2) 碳素工具钢 碳素工具钢牌号有 T8、T10、T10A、T12 等，碳的质量分数用千分之几表示，A 表示高级优质钢。碳素工具钢主要用于制造硬度高、耐磨的工具、量具和模具，如锯条、锤子、刮刀、锉刀、丝锥、量规、冷切边模等。

2. 合金钢

合金钢是在碳素钢中加入一种或数种合金元素的钢。常用的合金元素有 Mn、Si、Cr、Ni、Mo、W、V、Ti 等。

合金钢种类繁多，工业上常按合金钢的用途将其分为合金结构钢、合金工具

钢、特殊性能钢等。

(1) 合金结构钢 合金结构钢是用来制造各种机械结构零件的。合金结构钢如 40Cr、40CrNiMoA 等可用来制造齿轮、曲轴、连杆、车床主轴等。

(2) 合金工具钢 合金工具钢是用来制造各种刀具、模具、量具的。如 Cr12、Cr4W2MoV 等可用来制造冷作模具；9SiCr、9Cr2 可用来制造量具；W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2、W9Mo3Cr4V 等可用来制造刀具。

(3) 特殊性能钢 特殊性能钢是指具有特殊的化学和物理性能的钢。如不锈钢 1Cr17Mo、0Cr19Ni9 等可用来制造酸输送管道；耐热钢 1Cr13Mo、1Cr17 等可用来制造散热器；耐磨钢 ZGMn13—1 等可用来制造挖掘机履带。

(二) 铸铁

铸铁中硅、锰、硫、磷等杂质较钢多，抗拉强度、塑性和韧性不如钢好。但容易铸造，减震性好，易切削加工，且价格便宜，所以铸铁在工业中仍然得到广泛的应用。

根据铸铁中碳的存在形式不同，铸铁可分成以下四种：

(1) 白口铸铁 碳以化合状态 (Fe_3C) 存在，断口呈银白色，故称白口铸铁。其性能硬而脆，很难切削加工，很少用来铸造机件。

(2) 灰铸铁 碳主要以片状石墨形式存在，断口呈灰色，故称灰铸铁。这种铸铁的硬度和强度较低，但抗振性能好，易切削，它是铸造中用得最多的铸铁。牌号由“HT”（灰、铁两字的汉语拼音字首）和一组数字组成。如 HT200，其中数字 200 表示抗拉强度不小于 200MPa。灰铸铁多用于铸造受力要求一般的零件，如床身、机座等。

(3) 可锻铸铁 碳以团絮状石墨存在。这种铸铁有较高的强度和塑性，但实际上并不能锻造，用于铸造要求强度较高的铸件。牌号如 KTH350—10。

(4) 球墨铸铁 碳以球状石墨存在。这种铸铁的强度较高，塑性和韧性较好，用于制造受力复杂、载荷大的机件。牌号如 QT600—3。

可锻铸铁和球墨铸铁的牌号中，后一组数字表示断后伸长率。

二、铁碳合金的基本组织

主要介绍铁碳合金的平衡组织。铁碳合金的平衡组织是指铁碳合金在极为缓慢的冷却条件下所得到的组织。由于铁碳合金中碳的质量分数不同，其平衡组织的结构和特点也不同，因此铁碳合金也可分为工业纯铁、钢和铸铁三大类。其中钢又可分为亚共析钢 ($w_{\text{C}} < 0.77\%$)、共析钢 ($w_{\text{C}} = 0.77\%$) 和过共析钢 ($w_{\text{C}} > 0.77\%$) 三种；铸铁又可分为亚共晶白口铸铁 ($w_{\text{C}} = 2.06\% \sim 4.3\%$)、共晶白口铸铁 ($w_{\text{C}} = 4.3\%$) 和过共晶白口铸铁 ($w_{\text{C}} = 4.3\% \sim 6.67\%$) 三种。

铁碳合金的平衡组织在金相显微镜下具有以下四种基本组织：

(1) 铁素体 用代号“F”表示铁素体。经抛光的工业纯铁用 4%（质量分数）硝酸酒精溶液浸蚀后，在显微镜下呈现明亮的晶粒即是铁素体，如图 1-1 所示；亚共析钢中铁素体呈块状分布，如图 1-2 中的白亮部分。

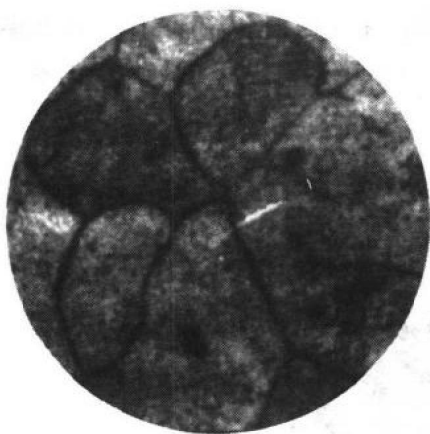


图 1-1 工业纯铁的显微组织 (400×)

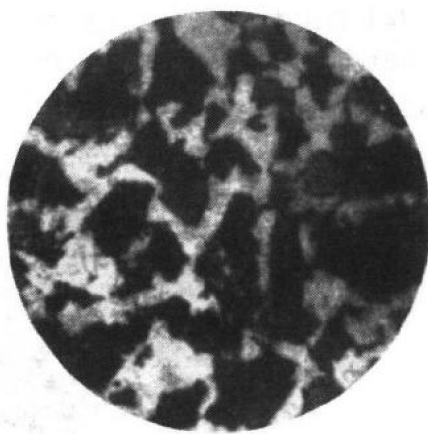


图 1-2 45 钢的显微组织 (400×)

(2) 渗碳体 渗碳体是铁与碳形成的稳定化合物 Fe_3C , $w_{\text{C}} = 6.69\%$, 质硬而脆, 耐蚀性强, 经 4% (质量分数) 硝酸酒精浸蚀后, 渗碳体仍呈亮白色 (铁素体经浸蚀后呈灰白色, 由此可区别铁素体和渗碳体)。

(3) 珠光体 用代号“P”表示珠光体。珠光体是铁素体和渗碳体呈层片状交替排列的机械混合物。经 4% (质量分数) 硝酸酒精浸蚀后, 在不同放大倍数的显微镜下可以看到具有不同特征的珠光体组织。当放大倍数较低时, 珠光体中的渗碳体看到的只是一条黑线, 甚至珠光体片层因不能分辨而呈黑色, 如图 1-2 中的黑色部分为珠光体组织。

图 1-3 所示为共析钢的显微组织, 其组织全部为珠光体。图 1-4 所示为过共析钢的显微组织, 其组织由珠光体晶粒及其周边的网状渗碳体组成。



图 1-3 T8 钢的显微组织 (400×)

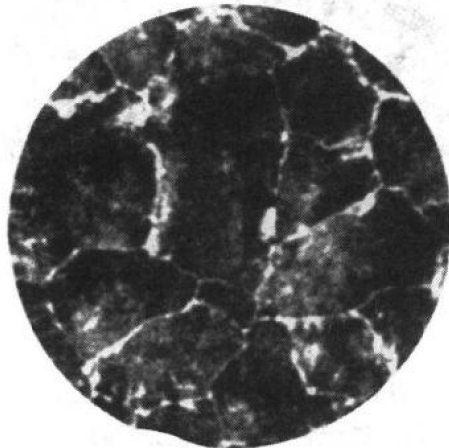


图 1-4 T12 钢的显微组织 (400×)

(4) 莱氏体 用代号“Ld”表示莱氏体。莱氏体在室温时是珠光体和渗碳体所组成的机械混合物。其组织特征是在亮白色渗碳体基底上相间地分布着暗黑色斑点及细条状珠光体，如图 1-5 所示。

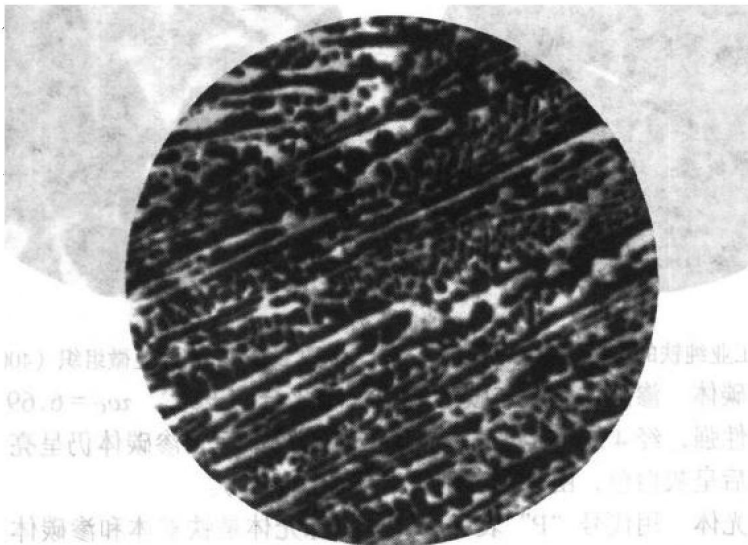


图 1-5 共晶白口铁的显微组织

图 1-6 和图 1-7 分别为亚共晶白口铁和过共晶白口铁的显微组织。

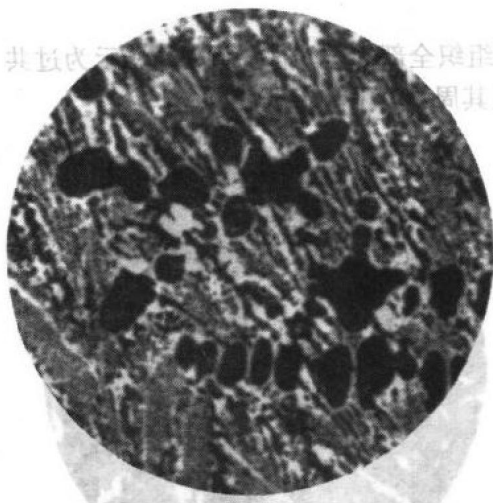


图 1-6 亚共晶白口铁的显微组织

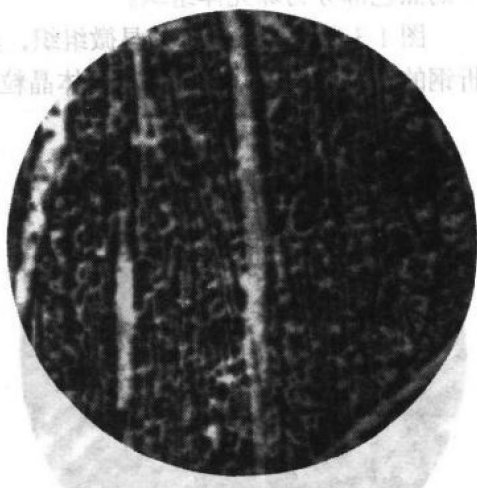


图 1-7 过共晶白口铁的显微组织

三、铁碳合金显微组织观察

用光学显微镜将专门制备的试样放大 50~1500 倍，可观察和分析铁碳合金的显微组织形态，可研究成分、热处理工艺与显微组织之间的关系。这种金相分

析是研究金属材料内部组织和缺陷的主要方法之一。

1. 金相显微镜

光学显微镜是进行金相分析常用的分析设备。小型台式光学显微镜结构如图 1-8 所示。

2. 金相试样

金相试样是经专门制备的。制样过程大致为：取样—（镶嵌）—粗磨—细磨—抛光—腐蚀—清洗—干燥。金相试样的制备是一项仔细的工作，要逐步用多种不同颗粒度的专用砂纸细心磨制，然后用机械抛光或电解抛光将试样观察面抛光成平整镜面。选择合适的腐蚀剂腐蚀抛光镜面（试样的腐蚀剂为 4% 的硝酸酒精溶液）。由于晶界、晶面、不同相、不同组织接受腐蚀的情况不一，腐蚀并清洗干燥后，试样观察面的显微组织在显微镜下就清晰可见。生产中有时也直接在机件某个部位制备出一个观察区域，用便携式光学显微镜进行观察和分析。

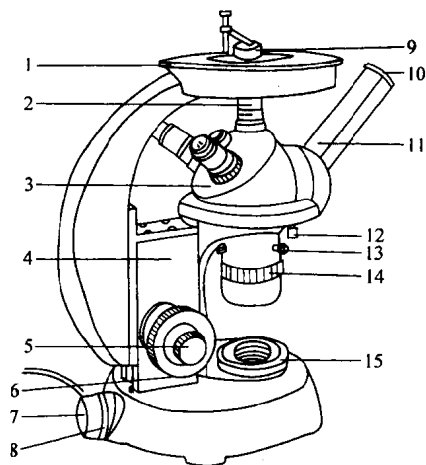


图 1-8 小型台式光学显微镜的结构

- 1—载物台 2—物镜 3—转换器
4—传动箱 5—微动调焦手轮 6—粗动调焦手轮 7—光源 8—偏心圈 9—样品
10—目镜 11—目镜筒 12—固定螺钉
13—调节螺钉 14—视场光栏
15—孔径光栏

3. 显微组织观察操作方法及注意事项

- 1) 检查试样抛光面是否洁净，核对试样号码。
- 2) 选择合适放大倍数的目镜和物镜，并将载物台与目镜座之间距离调大，安装好物镜。
- 3) 先将显微镜用低压变压器接通电源，再接上照明电源，检查照明是否正常。
- 4) 将试样轻放在载物台中心孔的中央，开始调像。调像时，应先轻轻扭动粗调钮，让物镜逐渐接近试样观察面，出像后再慢慢扭动细调钮，直至清晰为止。
- 5) 观察时可适当调整孔径光栏和视场光栏，以获得最佳视像和观察效果。
- 6) 金相显微镜是精密光学仪器，未经许可不得擅自盲目拧动、扳动。不允许用手或其他物品接触镜头透镜。
- 7) 不准用手触摸试样抛光面，不准将试样抛光面在其他物品上摩擦。
- 8) 结束观察时应关掉电源，并用布罩将显微镜罩好。

第二节 有色金属材料

铜、铝合金是工业上最常用的有色金属。因其有某些特殊的使用性能，使其成为现代工业技术中不可缺少的材料。

一、铜及铜合金

工业纯铜曾称紫铜，具有良好的导电、导热性能和良好的塑性，且在大气中有一定的耐蚀性。但强度低，价格贵，所以在机械制造中应用不多，较多使用的是铜的合金。

铜合金通常分为黄铜和青铜两类：

(1) 黄铜 黄铜是铜与锌及少量其他元素组成的合金，它的代号用“黄”字汉语拼音字首“H”加上合金成分表示。例如 H68 表示 w_{Cu} 为 68%、其余为 Zn 的黄铜；HFe59—1—1 表示 w_{Cu} 为 59%、 w_{Fe} 为 1%、 w_{Mn} 为 1% 的铁黄铜。

只由铜和锌组成的黄铜，如 H62、H68 等，一般是轧成型材供应，常用于制造垫圈、衬套和其他承受摩擦的零件。

铸造用的黄铜，其牌号前面冠以“铸”字的汉语拼音字首 Z。铸造黄铜一般用于制造轴瓦、轴套、蜗轮及其他抗磨零件。

(2) 青铜 除与锌以外的铜合金都叫青铜，有含锡青铜和不含锡的无锡青铜两种。

青铜有良好的耐磨性、耐蚀性，也有较好的力学性能。它的代号用“青”字的汉语拼音字首 Q 加上合金成分表示。例如 QSn4—3、QSn4—4—4 等。青铜的铸造性能好，常用于制造轴瓦、蜗轮、螺母等耐磨零件。

用于铸造的青铜，其牌号前面冠以 Z 字首，例如 ZCuSn10Pb1、ZCuSn5Pb5Zn5 等。

二、铝及铝合金

工业纯铝密度轻，有良好的导电、导热性，在大气下也有良好的耐蚀性。但强度和硬度低，在机械制造中多用它的合金。

防锈铝合金有良好的塑性和耐蚀性，但强度较低，一般用于制作油箱、油管、铆钉等。

锻铝合金有良好的锻造性能，可用于锻制形状复杂的零件。

硬铝合金的强度较高，具有一定塑性，常用于制造受力较大的构架、螺旋桨等机件。

铸铝合金多属铝硅合金，它具有良好的铸造性能，且有较好的强度和耐蚀性，广泛用于制造油泵壳体、汽缸头，活塞及发动机的附件等。

第三节 金属材料的现场鉴别

炼钢厂生产的钢锭除一部分用于锻造外，大部分通过压力加工制成各种形状和尺寸的型钢供给工厂使用。钢材品种很多，性能各异，因此对钢材的鉴别是非常必要的。常采用的鉴别方法有火花鉴别法、涂色标志法等。

一、火花鉴别法

火花鉴别法是利用钢材在旋转的砂轮上磨削，根据所产生的火花形状、光亮度和色泽的不同特征来大致鉴别钢的化学成分。

1. 火花束的构成

钢材在砂轮上磨削时所射出的火花束由根部火花、中部火花和尾部火花所构成，如图 1-9 所示。

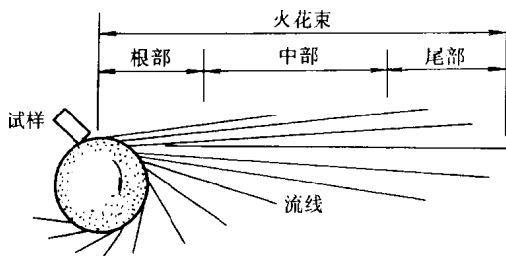


图 1-9 火花束

磨削时由灼热粉末形成的线条状火花称为流线。流线在飞行途中爆炸而发出稍粗而明亮的点称为节点。火花在爆裂时所射出的线条称为芒线。芒线所组成的火花称为节花。节花分一次花、二次花、三次花不等。芒线附近呈现明亮的小点称为花粉。火花束的构成如图 1-10 所示。

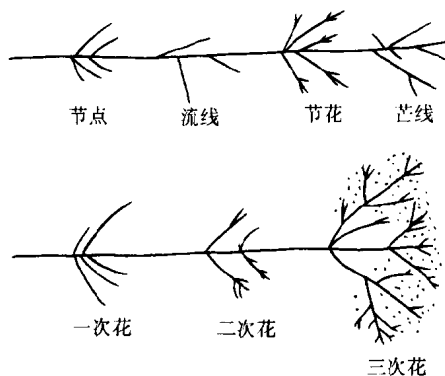


图 1-10 火花束的组成

由于钢材的化学成分不同，流线尾部出现不同的尾部火花，称为尾花。尾花有苞状尾花、菊状尾花、狐尾花、羽状尾花等，如图 1-11 所示。

2. 常用钢的火花特征

碳是火花形成的基本元素，也是火花鉴别法测定的主要成分。由于钢中碳的质量分数不同，其火花形状也不同。

图 1-12 所示为碳素钢火花特征示意图。碳素钢火花的特征随碳的质量分数的增加，火花束中流线逐渐增多，长度逐渐缩短并变细，芒线也逐渐变短变细，节花由一次花转成二次花、三次花，色泽由草黄色带暗红色逐渐转为黄亮色再转为暗红色，光亮度逐渐增高。

如 15 钢（图 1-12a）的火花束为粗流线，流线量少，火花束长，一次花较多，色泽为草黄带暗红。

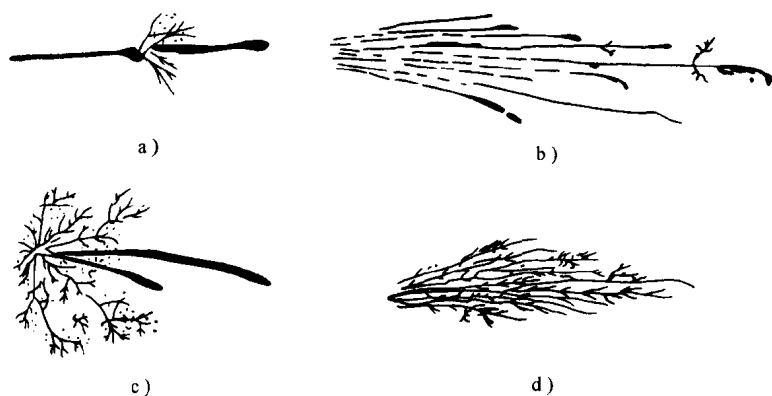


图 1-11 各种尾花形状

e) 苞状尾花 b) 狐尾花 c) 菊状尾花 d) 羽状尾花

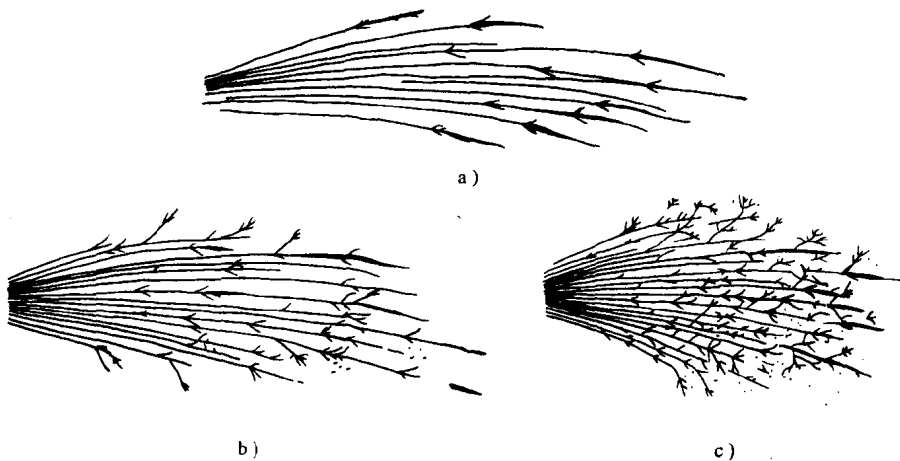


图 1-12 碳素钢火花特征

a) 15 钢 b) 40 钢 c) T10

如 40 钢 (图 1-12b) 的流线多而稍细, 火花束短, 发光大, 二次花较多, 色泽呈黄色。

如 T10 钢 (图 1-12c) 流线多而细, 有二次花及三次花, 色泽呈黄色且明亮。

合金钢火花的特征与加入的合金元素有关。例如 Ni、Si、Mo、W 等有抑制爆裂的作用, 而 Mn、V、Cr 却可以助长爆裂, 所以对合金钢火花的鉴别较难掌握。图 1-13 所示为高速钢 W18Cr4V 的火花特征。W18Cr4V 火花束细长, 流线数量少, 无火花爆裂, 色泽呈暗红色, 根部和中部为断续流线, 尾花呈狐状。

二、涂色标记法

在管理钢材和使用钢材时, 为了避免出差错, 常在钢材的两端面涂上不同颜