

The background of the book cover is a warm, reddish-brown color. It features a large, light blue gear in the center, which serves as a frame for the title. Surrounding the gear are faint, stylized illustrations of various mechanical tools and components, including a caliper, a dial indicator, and several interlocking gears. The overall design is industrial and technical.

机械 制造实践

李先民 主 编 马济永 主 审

西南交通大学出版社

责任编辑 任继英

封面设计 肖 勤

ISBN 7-81057-473-6



9 787810 574730 >

ISBN 7-81057-473-6/TG·226

定价：17.40元

机械制造实践

主 编 李先民

主 审 马济永

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 提 要

本书是根据国家教委工程材料及机械制造基础课程教学指导委员会制定的相关教学基本要求而编写的。主要讲述材料成形、机械制造等各种工艺方法的基本原理和操作技术。全书共分十二章,内容包括:钢的热处理与表面处理技术、铸工、锻工、焊工、切削加工基础知识、常用计量器具、车工、刨工、铣工、磨工、钳工、先进制造技术。书末还附有实习安全知识。

本书可作为高等工科院校机械类和近机械类各专业的金工实习教材,也可供非机械类专业、成人教育相应专业金工实习时选用,还可作为有关工程技术人员、工业企业管理干部和技术工人的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造实践./李先民主编. —成都:西南交通大学出版社,2000.7(2006.8重印)
ISBN 7-81057-473-6

I. 机... II. 李... III. 金属加工—工艺 IV. TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第27773号

机 械 制 造 实 践

主编 李先民

主审 马济永

*

责任编辑 任继英

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:14.5

字数:351千字 印数:9 001—12 000册

2000年7月第1版 2006年8月第4次印刷

ISBN 7-81057-473-6/TG·226

定价:17.40元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

前 言

机械制造实践是高等工科院校大多数专业学生必修的一门实践性技术基础课,它以实践教学为主,学生必须进行独立操作。因此,对培养学生实际动手能力,提高学生思想素质将起到十分重要的作用,同时也为后续课程的学习和以后从事机械制造和机械设计打下良好基础。

本书按照国家教委工程材料与机械制造基础课程教学指导委员会制定的相关教学基本要求,结合目前机械类课程体系改革及培养面向 21 世纪科技人才的需要而编写的。全书在精选传统工艺方法的同时,增加了表面处理技术、特种加工、数控加工等先进制造技术。另外,为与课堂教学新教材配合,引入了一些适合在实习现场进行教学的工艺基础知识,如铸造分型面和浇注位置的选择、锻造和冲压的基本工序、计量器具、金属切削机床基本知识、机械加工工艺过程基础等内容,以培养学生选择加工方法、进行工艺分析和结构分析的初步能力。

本书吸取了其他兄弟院校同类教材的优点及教学改革和教学实践的经验,注意了教材的启发性、实用性和实践性,力求做到重点突出、层次分明、深入浅出、直观形象。编写中贯彻了最新的机械制造方面的名词术语及标准。为便于检查和巩固学生实习时掌握的知识和技能,各章末均附有复习思考题。

本书由四川轻化工学院机电工程系机械设计与制造及自动化教研室组织编写。参加编写的人员有:简德(第一章),李先民(第二章、附录),张良栋(第三章),罗怀林(第四章),张捷(第五、十二章),徐志平(第六、十一章一部分),李德源(第七章),毛亮(第八章),何庆中(第九章),赵虎(第十章),杨昌伦(第十一章一部分)。李先民任主编,负责全书统稿,张捷、李德源任副主编。

本书由西南金工研究会理事长、四川大学马济永教授主审。马教授对书稿提出了宝贵意见,在此表示诚挚谢意!在本书编写过程中,得到了四川轻化工学院教务处、机电工程系领导和机电工程系 CAD 工作站同志们的大力支持和帮助,在此一并致谢!

限于编写者的水平,书中难免有不足、缺点和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

1999 年 12 月

目 录

第一章 钢的热处理及表面处理技术

第一节 常用金属材料及其机械性能	1
第二节 钢的热处理	9
第三节 表面处理技术	14
复习思考题	27

第二章 铸 工

第一节 砂型铸造	28
第二节 合金的熔炼与浇注	40
第三节 铸件的落砂、清理与常见缺陷	46
第四节 特种铸造	48
复习思考题	50

第三章 锻 工

第一节 锻坯的加热和锻件的冷却	52
第二节 自由锻	55
第三节 胎模锻造	62
第四节 板料冲压	63
复习思考题	67

第四章 焊 工

第一节 手工电弧焊	69
第二节 气焊与气割	75
第三节 其他焊接方法	80
复习思考题	84

第五章 切削加工基础知识

第一节 切削运动和切削用量	85
第二节 金属切削机床基本知识	86
第三节 机械加工质量	96
第四节 机械加工工艺过程基础	98
第五节 工艺方案的技术经济分析	106
复习思考题	107

第六章 常用计量器具

第一节 简单量具	108
第二节 游标类量具	109
第三节 微动螺旋副类量具	112

第四节 机械类量具·····	113
第五节 其他量具·····	115
复习思考题·····	118
第七章 车 工	
第一节 普通车床·····	119
第二节 车 刀·····	123
第三节 工件的装夹及车床附件·····	128
第四节 车削基本操作及车削工艺·····	133
第五节 其他车床加工·····	145
复习思考题·····	146
第八章 刨 工	
第一节 刨床和刨刀·····	147
第二节 刨削操作·····	152
复习思考题·····	156
第九章 铣 工	
第一节 铣床与刀具·····	158
第二节 工件装夹与铣床附件·····	161
第三节 铣削加工·····	163
第四节 齿形加工·····	167
复习思考题·····	170
第十章 磨 工	
第一节 磨床和砂轮·····	171
第二节 磨削的加工方法及操作·····	175
复习思考题·····	179
第十一章 钳 工	
第一节 概 述·····	180
第二节 钳工的基本操作·····	181
第三节 机器的装配和拆卸·····	200
复习思考题·····	207
第十二章 先进制造技术	
第一节 经济型微机数控车床加工·····	208
第二节 微机数控电火花线切割·····	214
第三节 加工中心·····	217
复习思考题·····	223
附录 实习安全知识·····	224
参考文献·····	226

第一章 钢的热处理及表面处理技术

第一节 常用金属材料及其机械性能

一、金属材料的机械性能

金属材料在机械工程中应用最广泛。它的性能分为使用性能和工艺性能：使用性能是指零件在使用条件下材料所表现出来的性能，包括物理性能、化学性能和机械性能（力学性能）等；工艺性能是指材料在加工过程中所表现出来的性能，即加工难易程度，包括铸造性能、可锻性、可焊性、切削加工性和热处理工艺性等。材料使用性能的好坏，决定了它的使用范围和寿命；工艺性能的好坏，决定了它在加工中成形的适应能力。

金属材料的机械性能是指在外力作用下所表现出来的抵抗能力。由于载荷的形式不同，材料可表现出不同的机械性能，如强度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。一般情况下，材料的机械性能是零件设计、选材和工艺评定的主要依据。

1. 强度与塑性

1) 强度

强度是指在外力作用下材料抵抗塑性变形和断裂的能力。由于载荷的作用方式（拉伸、压缩、弯曲、剪切）不同，所以强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度等。在使用中一般多以抗拉强度作为基本强度指标，简称强度。强度单位为 MPa。

当材料受载荷作用时，其内部会产生与外力相平衡的内力，单位面积上的内力称为应力（ σ ）

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ (MPa)}$$

式中 P ——材料所受载荷（N）；
 F ——材料横截面积（ m^2 ）。

与此同时，其长度会伸长，伸长量 Δl 与原长度 l_0 的比值称为应变，即

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

（1）屈服强度

屈服强度是指材料产生屈服时的最小应力。它表征了材料抵抗塑性变形的能力，用 σ_s 表示，即

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

式中 P_s ——屈服点的最小载荷（N）；
 F_0 ——试样原始横截面积（ m^2 ）。

由于工业中使用的大多数材料（如合金钢、铜合金、铝合金等）没有明显的屈服点，很难确定 σ_s 。因此，国标中规定残余应变为 0.2% 时的应力值作为这些材料的屈服强度，用

$\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度

抗拉强度是指材料所能承受的最大拉应力。它表征了材料抵抗断裂的能力，用 σ_b 表示，即

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

式中 P_b ——试样在断裂前的最大载荷 (N);
 F_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

材料的抗拉强度容易测定，数值也较准确。 σ_s 和 σ_b 是选材的两个重要指标。在设计零件及构件时，若不允许产生塑性变形，应以 σ_s 来校核强度，如空气压缩机缸盖螺栓等；若只要求使用中不断裂，则以 σ_b 来校核强度，如一般机床上的联接螺栓等。用 σ_b 作强度指标时，应采用较大安全系数。对脆性材料必须用 σ_b 作强度指标。

2) 刚度与弹性模量

刚度是指零件或构件抵抗弹性变形的能力。在构件形状、尺寸不变的情况下，其刚度决定于材料的弹性模量。弹性模量 (E) 是指在比例极限 (σ_p) 范围内，应力与应变之比

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}; \quad E = \frac{Pl_0}{F_0 \Delta l}$$

式中 Δl ——试样在比例极限范围内的变形量 (mm);
 P ——试样所受拉力 (N);
 l_0 ——试样原标距长度 (mm);
 F_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

弹性模量主要取决于材料本身的性质，与晶格类型和原子间距有关，而热处理等强化手段对弹性模量影响极小。大部分机械零件都在弹性状态下工作，对刚度有一定要求，在工作时不允许产生过大的弹性变形。除选择具有较大弹性模量的材料外，增大横截面积或改变结构形式均可使零件、构件的刚度增加。

3) 塑性

塑性是指在外力作用下材料产生永久变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标是延伸率 (δ) 和断面收缩率 (ψ)，即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%; \quad \psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 Δl ——试样原标距长度 (mm);
 l_1 ——试样拉断后标距长度 (mm);
 F_0 ——试样原始横截面积 (mm^2);
 F_1 ——试样断裂处的横截面积 (mm^2)。

金属材料的 δ 、 ψ 值越大，表示其塑性越好。良好的塑性可以顺利地完某些成型工艺；良好的塑性还可以在在一定程度上保证零件的工作安全，在零件使用时一旦超载，塑性变形引起的强化作用使零件不至于突然断裂。一般 δ 达到 5%， ψ 达到 10%，即能满足绝大多数零件的使用要求。过高地追求塑性，会降低材料的强度。

2. 硬度

硬度是指材料抵抗硬物压入或划伤表面的能力，它表征材料的软硬程度。常用的硬度指标有布氏硬度（HB）、洛氏硬度（HR）和维氏硬度（HV）肖氏硬度（HS）等。它们均采用压入法测定，即用一定的压力把压头压入材料表层，然后根据压力大小、压痕面积或深度确定其硬度。它们的区别只是采用的压头类型和压力有所不同。

1) 布氏硬度

布氏硬度值用布氏硬度机测定。其原理如图 1-1 所示：将直径为 D 的球形压头，在相应载荷 P 的作用下压入所测材料表面，经过规定的保持时间后卸载，得一直径为 d 的压坑。载荷除以压坑球面积所得的商，即为布氏硬度值。若测定布氏硬度值在 450 以下的材料，应选用普通淬火钢球，硬度值用 HBS 表示；若测定布氏硬度值在 450 ~ 650 的材料，应选用硬质合金球，硬度值用 HBW 表示。其计算式为

$$HBS(HBW) = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{kgf/mm}^2)$$

其数值越大，则表示材料越硬。上式中的布氏硬度值仍沿用 kgf/mm^2 作单位，但习惯上不予标出。

布氏硬度测量压坑面积大，受材料不均匀度影响小，故测量误差小，硬度值准确、真实。但材料太硬时（ $HB > 650$ ），球形压头可能产生变形，不宜采用布氏硬度。通常，当硬度值大于 350HBS 时，可采用 HRC 来表示。另外，由于布氏硬度压坑较大，也不宜用来检测成品、小件、薄件的硬度。

2) 洛氏硬度

洛氏硬度值使用洛氏硬度机测定。其原理如图 1-2 所示。先加初载荷 10 kg，使顶角为 120° 的圆锥形金钢石（或 $\phi = 1.588 \text{ mm}$ 的淬火钢球）压头紧密接触材料表面，并压入深度 h_1 ；再加上主载荷（50kgf 或 90kgf 或 140kgf）使压入深度达 h_2 ；经保持规定时间后，卸去主载荷、保留初载荷。由于材料弹性的恢复，压入深度减小为 h_3 。以 $h_3 - h_1 = \Delta h$ 作为洛氏硬度值的计算深度。

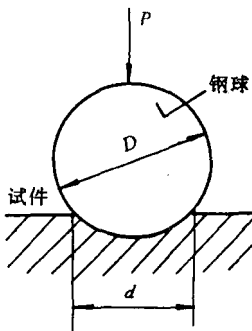


图 1-1 布氏硬度测量原理

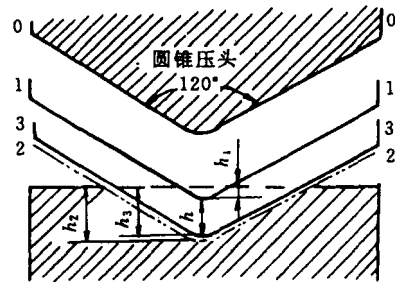


图 1-2 洛氏硬度测量原理

由于 Δh 数值很小，并且材料越硬数值越小，若用此值表示硬度则与习惯不符，故确定每 0.002 mm 深度为一个硬度单位，同时根据锥或球两类不同的压头各采用一个常数 K （用金钢石圆锥时， $K=0.2 \text{ mm}$ ；用钢球时， $K=0.26 \text{ mm}$ ）。洛氏硬度按下式计算

$$HR = \frac{K - \Delta h}{0.002}$$

其硬度值可在洛氏硬度机的刻度盘上直接读出，不必再采用上式计算。按照测定洛氏硬度值时所使用的压头和总载荷的不同，洛氏硬度分为 HRA、HRB 和 HRC 三种，其中 HRC 应用最广。他们的实验条件和应用举例见表 1-1。

表 1-1 常用洛氏硬度标度

标度	压头类型	总载荷 (kgf)	常数 K	测量范围 (HR)	测试件举例
HRA	120°金刚石圆锥	60	0.20	70 ~ 85	表面硬化层、硬质合金等
HRB	φ 1.59 mm 淬火钢球	100	0.26	25 ~ 100	铝合金、镁合金、退火钢等
HRC	120°金刚石圆锥	150	0.20	20 ~ 67	淬火钢、调质钢等

洛氏硬度值的测量简便迅速，并可直接读数，而且表面压坑小，多用于较薄材料或成品检测。但由于压坑过小，测量误差稍大，常采用不同部位多点测量，取其平均值。

硬度指标在生产中应用广泛，在产品的设计时，硬度是一项重要的技术指标。对于工具、模具和有耐磨性要求的零件，硬度是直接的使用性能指标，如高速钢车刀要求硬度 >62HRC，热锻模要求硬度 35 ~ 47HRC。另外，硬度与强度之间存在着一定的内在联系，由于硬度测量迅速简便，又不破坏成品零件，因此常用零件的硬度来估算强度。

3. 冲击韧性

冲击韧性是材料抵抗冲击载荷的能力。许多机器零件在工作中受到冲击载荷的作用，如飞机起落架、发动机的涡轮轴、汽车变速齿轮、锤杆等，从而引起很大应力和变形。冲击韧性在测量时，不仅存在力的作用，而且伴随有力的作用速度，所以它是一种能量参数。

冲击韧性采用大能量一次冲击试验测定。将材料制成图 1-3 所示的标准冲击试样进行摆锤冲击试验，先将试样放在如图 1-4 所示的冲击试验机支座上，并使试样缺口背向摆锤冲击方向与摆锤对准；然后将重量为 G 的摆锤提举到一定高度 H ；摆锤落下将试样冲断，此时摆锤高度为 h 。试样横截面单位面积上所消耗的功即为冲击韧性值 a_k ，即

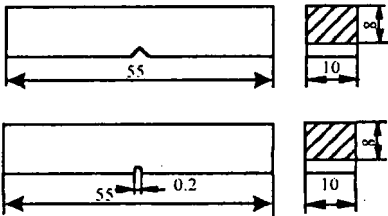


图 1-3 标准冲击试样

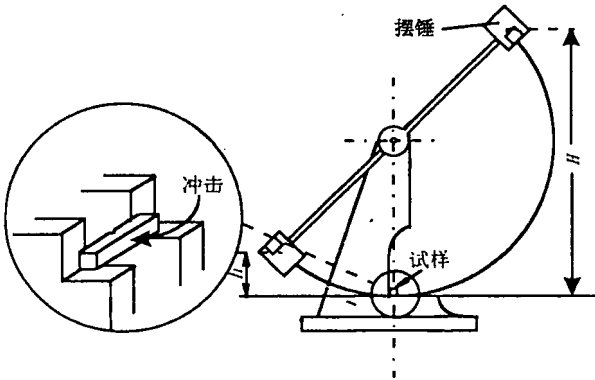


图 1-4 摆锤式冲击试验

$$a_k = \frac{A_k}{F} \quad (\text{J/cm}^2)$$

式中 A_k ——冲击试样所消耗的功 (J);
 F ——试样缺口处的横截面积 (cm²)。

金属材料的 a_k 值不能直接用于零件的设计计算, 但对承受冲击载荷的零件, 应有一定的 a_k 值要求, 以保证零件使用的安全性, 如航空发动机轴 $a_k = 80 \sim 100 \text{ J/cm}^2$; 一般零件则要求 $a_k = 30 \sim 50 \text{ J/cm}^2$ 便可满足要求。

二、常用金属材料

1. 碳素钢

碳素钢又称碳钢, 是指含碳量小于 2.11% 并含有少量锰、硅、硫、磷等杂质的铁碳合金。当含碳量大于 1% 时, 随着含碳量的增加, 不仅塑性、韧性降低, 而且钢的强度开始下降、脆性急剧上升, 因此工业上应用的碳钢含碳量不超过 1.4%。

1) 碳素钢的分类

(1) 按含碳量进行分类 可分为低碳钢 (<0.25% C)、中碳钢 (0.25% ~ 0.55% C)、高碳钢 (>0.55% C)。

(2) 按用途进行分类 可分为结构钢和工具钢两大类。前者用于制造各种金属构件和机械零件, 后者用来制造各种刀具、模具和量具。

(3) 按质量等级分类 可分为普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质碳素钢。它们的区别是硫、磷等有害杂质的含量不同。普通碳素钢中硫、磷的含量分别不大于 0.055% 和 0.045%; 优质碳素钢中硫、磷的含量分别不大于 0.045% 和 0.04%; 高级优质碳素钢中硫、磷的含量分别不大于 0.03% 和 0.035%。

2) 碳素钢的牌号及用途

碳素钢的牌号及用途如表 1-2 所示。

表 1-2 碳钢的牌号及用途举例

名 称		钢号举例	用 途	说 明
碳 素 钢	普通碳素结构钢	Q195、Q215、 Q235、Q255、 Q275	Q195、Q215 用于铆钉、 开口销等及冲压零件和焊 接构件。Q235、Q255 用 于螺栓、螺母、拉杆、连 杆及建筑、桥梁结构件。 Q275 用于较高强度的转 轴、心轴、齿轮等。	其钢号由代表屈服点的汉 语拼音字母 Q、屈服点数值、 质量等级符号 A、B、C、D 及脱氧方法符号 F、b、Z、TZ 等四部分组成。镇静钢和特 殊镇静钢, 其钢号中的脱氧 方法符号 Z 和 TZ 可省略。
	优质碳素结构钢	08、45、65	08* ~ 20* 用做冲压件及焊 接件。25* ~ 50* 用来制造齿 轮、套筒、连杆、轴类零件。 55* ~ 85* 用来制造弹簧、弹 簧垫圈、轧辊等。	其钢号用平均含碳量万分 之十的两位数字表示, 钢号 末尾标注“A”, 表示高级优 质碳素结构钢
	碳素工具钢	T7、T11、T13	制造低速切削刀具、量 具、模具、其他工具及耐 磨零件等	“T” 表示碳素工具钢, “T” 后面数字表示平均含碳量的 千分之几

2. 合金钢

为了改善碳素钢的某种性能而在碳素钢的基础上加入某些合金元素冶炼成的钢, 称为合

金钢。合金钢比碳素钢具有更高的强度和韧性，且具有某些特殊性能，如耐腐蚀性、耐热性、耐磨性等。

1) 合金钢的分类

(1) 按合金元素的含量分

低合金钢 合金元素总量<5%;

中合金钢 合金元素总量 5%~10%;

高合金钢 合金元素总量>10%。

(2) 按主要用途分类

合金结构钢 渗碳钢、调质钢、弹簧钢、轴承钢。

合金工具钢 刀具钢、模具钢、量具钢。

特殊性能钢 不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等。

2) 合金钢的牌号及用途

合金钢的牌号及用途举例如表 1-3 所示。

表 1-3 合金钢的牌号及用途举例

名 称		钢号举例	用 途	说 明
合 金 钢	合金结构钢	16Mn、15MnV 18MnMoNb	用于桥梁、船舶、车辆、农业、机械、起重设备等的构件和零件	钢号开始的数字表示平均含碳量万分之几（结构钢），或者千分之几（工具钢）。当工具钢的平均含碳量≥1%时，不予标出。刀具钢中一些钢号不标含碳量，其后为合金元素符号，合金元素的含量以百分之几表示，当平均含量<1.5%时，只标明元素符号，不标含量。 特殊性能钢开始的数字表示平均含碳量的千分之几，但有一些钢不标含碳量。 滚动轴承钢的钢号以“G”表示，不标含碳量，铬的平均含量用千分之几表示。 “ZG”表示铸钢。
	合金渗碳钢	20Cr、MnTi 20Cr2Ni4A	用于表面要求高硬度，能耐磨并承受冲击载荷的零件	
	合金调质钢	35CrMo、45Mn2 40CrNiMo	经调质处理后，可获得良好的综合机械性能，用于制造各种重要的承受冲击载荷或负荷较大的机器零件	
	合金弹簧钢	65Mn、60Si2Mn 65Si2MnWA	制作减缓振动和冲击的零件，用于各种机器和仪表	
	滚动轴承钢	GCr15 GSiMnMoV	制作滚动轴承的内圈、外圈、滚动体及冷冲模、冷轧辊等	
	合金刀具钢	9SiCr W18Cr4V W6Mo5Cr4V2	用于制造尺寸较大、形状复杂及高速切削的金属切削刀具，如铣刀、滚刀、拉刀、铰刀、车刀等	
	合金模具钢	5CrNiMo Cr12、Cr12MoV	制造冷作模具和热作模具，如热锻模、热压模、冷冲模、冷挤压模、拉丝模等	
	合金量具钢	CrWMn 9Mn2V、CrMn	制造测量工具，如卡尺、千分尺、量规、块规、塞规、样板等	
	不锈钢	1Cr13 1Cr18Ni9Ti	制作医疗器械，量具、汽轮机叶片，在各种腐蚀介质中使用的吸收塔零部件、管道、阀门、容器等	
	耐磨钢	ZGMn13	制造拖拉机链轨板、挖掘机铲齿、球磨机衬板、铁路道岔等	
	耐热钢	15CrMo、 4Cr10Si2Mo	制造在高温下工作的零件或构件，如飞机发动机排气管、汽车发动机排气阀门等	

3. 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。铸铁中硅、锰、硫、磷等杂质比碳素钢中多。工业上常用的铸铁含碳量一般为 2.5% ~ 4.0%。铸铁的抗拉强度、塑性、韧性不如钢，且无法进行锻造，但它具有一些独特的性能，所以在工业中仍得到了广泛的应用。根据组织性能的不同，铸铁可分为以下四种：

1) 白口铸铁

白口铸铁中的碳几乎全部以渗碳体 (Fe_3C) 形式存在，断口呈银白色，性能硬而脆，很难进行切削加工，工业上极少用来制造机器零件。有时利用白口铸铁硬度高、耐磨损的特点，制造一些要求表面有高耐磨性的机件和工具，如轧辊、犁铧、机车车辆的车轮等。

2) 灰口铸铁

灰口铸铁中的碳以片状石墨形式存在，断口呈暗灰色。它是机械制造中应用最多的一种铸铁。由于片状石墨的存在，割裂了金属基体组织，减少了承载的有效面积，因此其综合机械性能较低，但其减振性、耐磨性、铸造性、切削加工性等较好，主要用于制造承受压力的床身、箱体、机座、导轨等零件。

为了提高灰口铸铁的强度和硬度，生产中可对铸铁进行孕育处理，以得到细小的片状石墨均布在珠光体基体上的孕育铸铁。

灰口铸铁的牌号由“HT”加数字组成，“HT”表示灰口铸铁，数字代表最低抗拉强度值 (MPa)，主要牌号有 HT150、HT200、HT250 等。

3) 可锻铸铁

可锻铸铁是将白口铸铁经石墨化退火使 Fe_3C 分解成团絮状石墨而制成的。由于石墨呈团絮状，对金属基体的割裂作用减小，其抗拉强度、塑性、韧性都比灰口铸铁高，但它仍属脆性材料，不能进行锻造。主要用于制造一些截面薄、形状复杂、工作中受到振动而要求较高强度的零件，如汽车后桥壳、管子接头等。

可锻铸铁牌号由“KTH”或“KTZ”加两组数字组成。其中“KT”表示可锻铸铁，“H”表示黑心的铁素体基体，“Z”表示珠光体基体，后面的两组数字分别表示最低抗拉强度和延伸率。其主要牌号有 KTH350-10、KTZ550-04 等。

4) 球墨铸铁

球墨铸铁中石墨呈球状。它是在浇注前向铁水中加入适量的球化剂和孕育剂（墨化剂），使石墨呈球状析出而获得的。由于球状石墨对金属基体的割裂作用小，因此强度、塑性、韧性均大大提高，有些已接近钢的水平。主要用于制造各种受力复杂、负荷较大的机器零件，如曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等。

球墨铸铁的牌号由“QT”加两组数字组成。“QT”表示球墨铸铁，后面两组数字分别表示最低抗拉强度和延伸率。主要牌号有 QT500-7、QT800-2 等。

4. 有色金属

在工业生产中通常把钢铁材料称为黑色金属，而把铜、铝、镁、锌、铅、锡等及其合金统称为有色金属。在机器制造中，铜、铝及其合金使用得最多。

常见的铜及铜合金有纯铜、黄铜和青铜。纯铜又称紫铜。黄铜是以锌为主要添加元素的铜基合金。青铜是铜与除锌以外的其他元素所构成的铜基合金。

常见的铝及铝合金有纯铝、防锈铝合金、硬铝合金、铸造铝合金等。防锈铝合金中的主要合金元素是锰和镁。硬铝合金基本上是 Al—Cu—Mg 合金，还有少量锰。用来制造铸件

的铝合金称为铸造铝合金。按照主要合金元素的不同，铸造铝合金可分为 Al—Si 系、Al—Cu 系、Al—Zn 系、Al—Mg 系四大类。

由于有色金属具有优良的机械、物理和化学性能，因此在工业上用来制造有特殊要求的机械零件。

三、钢铁材料的现场鉴别

在生产现场，为了了解所用钢铁材料的大概种类，可以采用以下简单、方便、快速的方法加以鉴别：

1. 观察颜色

钢材出厂时，都要按照有关标准在端部涂上不同颜色的油漆，以示区别。例如 Q235 钢涂红色，20 钢涂棕色+绿色，1Cr18Ni9Ti 涂绿色+蓝色。根据钢材端部的颜色，即可确定钢材的种类。

2. 观察断面

把钢铁材料敲断，用肉眼观察，不同的材料有不同的断面特征。灰口铸铁断面呈暗灰色，晶粒粗大；白口铸铁断面呈银白色，晶粒较细；低碳钢不易折断，断口有明显塑性变形，能看到晶粒；中碳钢折断时塑性变形不明显，晶粒较细；高碳钢基本上无塑性变形，晶粒细密。

3. 听声音

敲击钢铁材料时，声音比较沉闷的是铸铁，声音比较清脆的是钢。

4. 火花鉴别

用砂轮磨削钢铁材料时，由于材料所含的化学元素不同，将产生不同类型的火花。根据火花的形状、亮度和颜色等特征，便可以大致鉴别出材料的种类和化学成分。

钢铁在磨削时所射出的全部火花叫火花束。火花束中由灼热发光的粉末高速飞行时在空中出现的轨迹称为流线。流线中途爆裂的地方叫节点。爆裂时发射出来的流线叫做芒线。流线或芒线上，由节点、芒线组成的火花称为节花。节花按爆裂先后可分为一次花、二次花、三次花等（图 1-5）。有时流线末端还会形成不同形状的尾花。

碳是形成钢铁火花的基本元素。流线中的高温金属微粒与空气接触，在其表面形成一层氧化膜。氧化膜与微粒中的碳作用产生一氧化碳气体，当气体压力足够高时，氧化膜爆裂而形成火花。因此，含碳量不同，火花的特征也有所不同。通常低碳钢流线少，火花束较长，带暗红色，芒线稍粗，发光适中，多为一次花；中碳钢流线多，较细，火花束较短，发光大，爆花分叉较多，开始出现二次、三次花；高碳钢流线多而细，火花束短而粗，很明亮，爆花多，分叉也多，且多为三次花；铸铁的火花束很短，带有很多爆花，大多呈羽毛状，接近砂轮的呈暗红色，离砂轮远的呈赤橙色。四种钢铁材料的火花特征如图 1-6 所示。

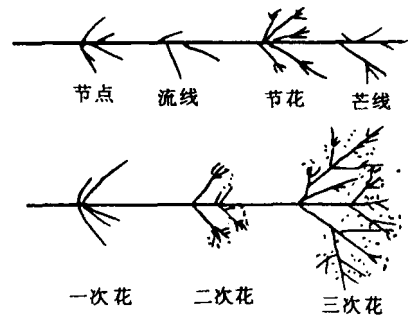


图 1-5 火花束的构成

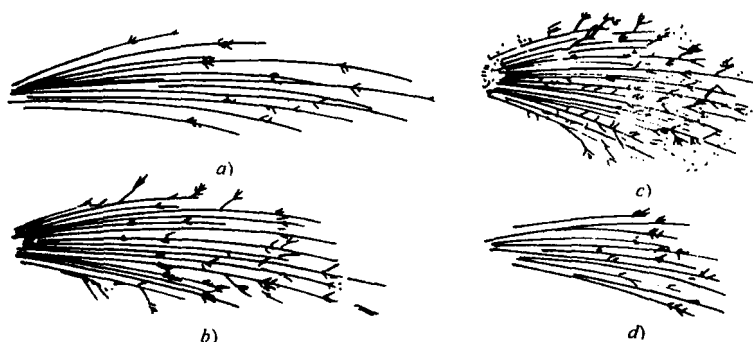


图 1-6 四种钢铁材料火花特征示意图
a) 15 钢; b) 40 钢; c) T10 钢; d) 灰铸铁

除了碳以外，合金元素对火花也有影响，因此某些合金钢也能采用火花鉴别。

第二节 钢的热处理

热处理是将金属在固态下加热到一定温度，进行必要的保温，并以适当的速度冷却到室温，以改变金属的内部组织，从而获得所需性能的工艺方法。热处理与铸、锻、焊、机加工等工艺方法不同，它只改变金属材料的组织和性能，而不改变其形状和尺寸。因此，热处理能改善和提高金属材料的性能，充分发挥材料潜力，延长机器零件的使用寿命。目前机器中的大多数零件都要进行热处理，对刀具、量具、模具等则全部要进行热处理。可见，热处理在机械制造中具有非常重要的作用。

一、钢的热处理工艺

钢的热处理工艺包括退火、正火、淬火、回火和表面热处理：

1. 退火

退火是将钢加热到某一温度，保温一定时间，然后在炉中或导热性较差的介质中缓慢冷却以获得接近平衡状态组织的热处理方法。

退火的目的是降低硬度，改善切削加工性能；细化晶粒，改善组织，提高机械性能；消除内应力；为以后的淬火作好组织准备；消除加工硬化，提高塑性，以便进行冷变形加工。

按退火的目的不同，退火可分为：完全退火、球化退火、等温退火、扩散退火、去应力退火和再结晶退火等。它们的加热温度不同，适用的钢材也不同。

退火可在电阻炉或煤、油、煤气炉中进行，最常用的是电阻炉（图 1-7 为箱式电阻炉，图 1-8 为井式电阻炉）。

2. 正火

正火是将钢加热到某一温度，保温一定时间，使钢的组织全部奥氏体化，然后从炉中取出，在空气中冷却的热处理方法。

正火与完全退火的作用相似，但正火的冷却速度较快，所得到的组织比退火细，强度、硬度有所提高，而塑性、韧性略有下降，消除内应力也不如退火彻底。由于正火时工件在炉外冷却，不占用设备，生产率较高。低碳钢常采用正火处理。对于比较重要的零件，正火常作为淬火前的预备热处理；对于性能要求不高的碳素钢零件，正火也可作为最终热处理。