



普通高等教育“十二五”规划教材

金工实习

主 编 李 鲤 刘善春



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

金工实习

主 编 李 鲤 刘善春



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是根据教育部颁布的机械类,普通高等学校机械制造工程训练教学基本要求,并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书共 10 章,主要介绍金工实习基础知识、铸造、锻压、焊接、钳工、车工、铣削、刨削、磨削、热处理加工、数控加工和特种加工等实习内容。每章内容前面都有相关工种的实习目标及安全技术,每章内容后面都附有复习思考题。

本书突出应用特色,书中内容吸收了机械加工技术的最新成果,具有较强的针对性和灵活性。

本书可作为高等工科院校机械类和近机械类各专业本科生的实习教材,也可供高职高专院校师生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习 / 李鲤, 刘善春主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 1
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-0564-3

I. ①金… II. ①李… ②刘… III. ①金属加工—实习—高等学校—教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第011838号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 金工实习
作 者	李鲤 刘善春 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 14 印张 332 千字
版 次	2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

目 录

前言

第 1 章 金工实习基础知识	1
1.1 机械产品的制造过程	1
1.2 工程材料基本知识	2
1.3 常用量具	13
1.4 产品质量与经济性	20
第 2 章 铸造	23
2.1 概述	23
2.2 砂型制造	24
2.3 熔炼与浇注	33
2.4 落砂与清理	36
2.5 铸件缺陷分析	37
2.6 特种铸造	38
2.7 铸造技术的发展	40
复习思考题	42
第 3 章 锻压	43
3.1 概述	43
3.2 锻造	44
3.3 板料冲压	53
3.4 锻压技术的发展	61
复习思考题	63
第 4 章 焊接	64
4.1 概述	64
4.2 手工电弧焊	64
4.3 气体保护电弧焊	71
4.4 气焊与气割	74
4.5 焊接技术的发展	80
复习思考题	81

第 5 章 钳工	83
5.1 概述	83
5.2 划线	84
5.3 锯削	87
5.4 锉削	89
5.5 孔加工	92
5.6 螺纹加工	96
5.7 刮削和研磨	99
5.8 装配和拆卸	102
复习思考题	104
第 6 章 车工	106
6.1 概述	106
6.2 卧式车床	106
6.3 车刀	109
6.4 工件的装夹及附件	113
6.5 切削用量与切削液	116
6.6 车削的基本操作	117
6.7 其他车床	125
复习思考题	126
第 7 章 铣削、刨削和磨削	127
7.1 铣削加工	127
7.2 刨削加工	137
7.3 磨削加工	142
复习思考题	152
第 8 章 热处理加工	153
8.1 概述	153
8.2 热处理工艺	154
8.3 钢的热处理设备	158
8.4 热处理的基本操作	159
8.5 钢的热处理新技术	163
复习思考题	166
第 9 章 数控加工	167
9.1 数控机床基本知识	167
9.2 数控机床的编程	171
9.3 普通型数控机床的基本操作	188
9.4 数控加工中心简介	195
复习思考题	197

第 10 章 特种加工	198
10.1 电火花加工	198
10.2 高能束加工	206
10.3 电解加工	209
10.4 超声波加工	211
10.5 快速原型制造技术	212
复习思考题	214
参考文献	215

第1章 金工实习基础知识

金工实习涉及一般机械制造的全过程。为了更好地学习工艺知识，掌握实践操作技能，树立大工程意识，需要对机械产品的设计、制造、材料、工量具、产品质量和生产管理有一个基础的了解。

1.1 机械产品的制造过程

1.1.1 机械产品的制造过程

任何机器设备都是经由产品设计、零件制造以及相应零件的装配而成。对于尺寸不大、形状简单的零件可以直接用型材加工制造而成。一般情况下，需要根据零件的形状、尺寸和性能要求，先将原材料经过铸造、锻压、焊接等方法制造成毛坯，然后由毛坯经切削加工制造成所需的零件，最后经过检验、装配和调试后制成一部合格的机器。因此，一般机械产品主要的制造过程包括：产品设计→生产准备→毛坯制造→切削加工→装配与调试→检验出厂。

1. 产品设计

现代产品设计是大工程观指导下的一种有特定目的的创造性行为过程。它既要考虑产品使用性能的要求，又要考虑制造、安装和维修的可能，还要接受社会、经济、环境和时间等因素的制约，最终使制造者、消费者和社会都感到满意。

产品的设计一般有创新设计、改进设计和变形设计等三种形式。创新设计（又称开发性设计）是按用户的使用要求进行的全新产品设计。改进设计（又称适应性设计）是根据用户的使用要求，对企业原有产品进行改进或改型的设计，即只对部分结构或零件进行重新设计。变形设计（又称参数设计）是仅改进产品的部分结构尺寸，以形成系列产品的设计。产品设计的基本内容包括：编制设计任务书、方案设计、技术设计和图样设计。

2. 生产准备

生产准备是指企业为了保证产品生产的正常进行，顺利实现生产作业计划，所从事的各项准备工作。生产准备的工作内容包括：技术准备、机械设备的准备、物资准备、劳动力的配备和调整以及工作场地准备等。在完成上述准备工作的过程中，应强化准备工作的计划性，明确准备的具体内容、进度要求、具体措施及责任部门和责任者，对准备工作出现的问题应及时加以纠正。

3. 机械加工

机械零件的加工分为毛坯制造和切削加工两个主要阶段。

（1）毛坯制造。毛坯制造的主要方法有铸造、锻造和焊接等。由于加工时往往需要对

原材料进行加热,所以通常称这些加工方法为热加工。

一般来说,毛坯的表面比较粗糙,形状和尺寸都不太准确,需要经过若干道切削加工工序后才能成为成品零件。因此,毛坯应留有足够的加工余量,以便进行后续的切削加工。

(2) 切削加工。切削加工是用切削刀具从毛坯或工件上去除多余的材料以获得所要求的形状、尺寸和表面质量的加工方法。它主要有车削、铣削、刨削、钻削、磨削和镗削等。对于一些难以切削加工的零件,可使用特种加工方法进行加工。

在毛坯制造及切削加工过程中,为便于切削和保证零件的力学性能,需要在某些工序之前(或后)对工件进行热处理。

4. 装配与调试

加工完毕并检验合格的零件,需要按照机械产品的技术要求,用钳工或机械方法将零件进行组合、连接及固定,使之成为部件或整机,这一过程称为装配。装配是机械制造的最后一道工序,也是保证机械产品达到各项技术要求的关键工序之一。

装配好的机器还需要进行试运转检验,观察其在工作条件下的效能和整机质量。经鉴定合格后,才能安装使用或装箱发运进入市场。

1.1.2 生产过程的组织与管理

要制造出合格的产品,不只是生产加工的问题,还需要对制造过程进行科学有序的组织和管理。制造一种产品,先由设计部门根据研究部门提供的各种知识和信息进行产品设计,再向制造部门提供产品图纸和作业指示书。生产技术部门据此制定产品的生产计划和工艺技术文件。制造部门按照生产技术部门下达的任务进行制造,分别在铸造车间、锻压车间、焊接车间、热处理车间、机械加工车间等基本生产部门进行加工;加工完成的零件经检验合格后,移交到装配车间进行组装;装配完毕经过性能调试合格后,即完成了制造任务。

在产品制造过程中,供销等辅助部门进行原材料和外购件的采购;动力、机修等附属生产部门为基本生产部门的正常生产提供保障;工具、仓储等生产服务部门负责提供加工工具、原材料、产品储备等服务工作。

为便于生产的组织管理和保证质量,提高生产率,降低产品成本,一个产品往往会由几个企业或生产部门联合生产完成。因此,一个企业(或部门)的成品可以是另一企业(或部门)的原材料或半成品,一个企业(或部门)的生产过程也可以只是一个产品生产的部分,企业的生产过程又分成各部门(车间)的生产过程。

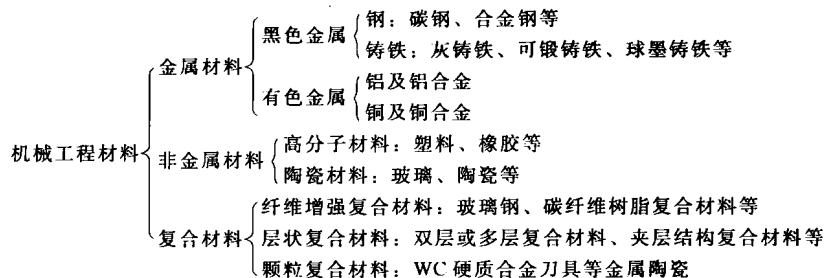
1.2 工程材料基本知识

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。用于生产制造机械零件、工具和工程构件的材料统称为机械工程材料。

1.2.1 常用工程材料

工程材料的种类很多,用途非常广泛。常用的机械工程材料有金属材料、非金属材料 and 复合材料等三大类,如图1-1所示。随着物理学的发展和材料科学的进步,新材料不

断涌现。纳米材料因其奇特的性能和广阔的应用前景成为目前最受关注的新材料之一。



1.2.2 金属材料

金属是指具有良好的导电和导热性，有一定的强度和塑性，并具有光泽的物质，如铁、铜和铝等。金属材料是以金属为主，具有金属特性的工程材料。

1. 金属材料的力学性能

金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力称为金属材料的力学性能。机械零件在工作过程中总要受到外力的作用，因而所用材料的力学性能十分重要。

金属材料的力学性能主要包括强度、塑性、硬度和韧性等。

(1) 强度。金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。强度指标主要有弹性极限、屈服极限、抗拉强度和疲劳强度。

1) 弹性极限。金属材料试样保持弹性变形时所能承受的最大应力值称为弹性极限，常用符号 σ_e 表示。当拉应力超过材料的弹性极限时，金属材料开始发生塑性变形。

2) 屈服极限。金属材料试样在拉伸过程中，载荷不增加或保持恒定时试样仍继续变形时的应力，称为屈服极限，常用 σ_s 符号表示。只有少数金属材料有明显的屈服现象，对于无明显屈服现象的材料，工程上把残余伸长率为 0.2% 时的应用定义为屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

3) 抗拉强度。金属材料试样在拉断前所能承受的最大应力值称为抗拉强度，常用符号 σ_b 表示。当拉应力超过材料的抗拉强度时，金属材料开始发生断裂。

4) 疲劳强度。金属材料试样在无限次循环应力作用下而不断裂的最大应力值称为金属材料的疲劳强度。在工程实践中，一般是采用条件疲劳强度，即达到规定的循环次数才断裂的最大应用值。疲劳强度与材料的抗拉强度密切相关。

(2) 塑性。塑性是指金属材料在外力作用下断裂前所能承受的最大塑性变形的能力。一般用断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示。

断后伸长率是材料试样被拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比。断面收缩率是材料试样被拉断后缩颈处横截面的最大缩减量与原始横截面面积的百分比。断后伸长率和断面收缩率越大，说明材料的塑性越好。

(3) 硬度。金属材料抵抗其他更硬物体的压入或划伤的能力称为硬度。它体现金属材料表面抵抗局部塑性变形的能力。

常用的硬度指标有布氏硬度和洛氏硬度两种，它们分别根据硬度试验机上压头压入材

料后形成的压痕面积或深度的大小来对材料进行硬度判定。布氏硬度常用于软材料的硬度测定,如未经淬火的钢件等,用符号 HBW 表示。洛氏硬度常用于硬材料的硬度测定,如各种刀具、淬火的钢件等,用符号 HRC 表示。

大多数机械零件对硬度都有一定的要求,尤其是刀具、模具等,必须有足够的硬度,以保证其使用性能和寿命。

(4) 韧性。材料在断裂前吸收变形能量的能力称为韧性。工程上常用冲击试样在一次冲击载荷作用下拆断时所吸收的能量 A_K 表示,值越大说明材料韧性越好。

2. 金属材料的工艺性能

金属材料在机械加工制造过程中适应各种加工的能力称为金属材料的工艺性能。材料的工艺性能好,可使加工工艺简单,并容易保证加工质量。

金属材料的工艺性能主要包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

(1) 铸造性能。金属材料在一定的铸造工艺条件下获得优质铸件的能力称为金属材料的铸造性能。衡量金属材料铸造性能的指标有流动性、收缩性、偏析倾向性、吸气性和氧化性等。材料的铸造性能对铸造工艺过程、铸件质量和铸件结构设计有重要影响。在金属材料中,灰铸铁和青铜的铸造性能最好。

(2) 锻压性能。金属材料在利用压力进行加工时成形的难易程度称为金属材料的锻压性能。材料的锻压性能取决于金属的本质和变形条件。塑性越高,变形抗力越小,锻压时就越省力,且不易磨损工具和模具。黄铜和铝合金在室温状态下就具有良好的锻压性能,碳钢要在加热状态下才有良好的锻压性能,而铸钢、铸铁和铸铝等几乎不能锻压。

(3) 焊接性能。金属材料在一定的焊接工艺条件下获得优质焊件的能力称为金属材料的焊接性能。材料的焊接性能一般用金属在焊接加工时焊接接头产生裂纹、气孔等缺陷的倾向以及焊接接头对使用要求的适应性来衡量。导热性好、收缩小的金属材料的焊接性能比较好。低碳钢的焊接性能好,而高碳钢、不锈钢和铸铁的焊接性能比较差。

(4) 切削加工性能。金属材料在进行切削加工时的难易程度称为金属材料的切削加工性能。材料的切削加工性能可以用切削抗力的大小、工件加工后的表面质量、刀具磨损的快慢程度等来衡量。它与金属材料的硬度、导热性、内部结构和加工硬化等因素有关。铸铁、铜合金、铝合金及一般碳钢具有较好的切削性能,而高合金钢的切削加工性能较差。

(5) 热处理性能。金属材料对热处理方法的敏感性,即获得组织及其性能改变的难易程度称为金属材料的热处理性能。热处理的具体工艺方法见第8章。

3. 金属材料的分类及应用

金属材料分为黑色金属和有色金属。钢铁是机械制造和工程上应用最广泛的黑色金属,它主要包括碳素钢、合金钢和铸铁。有色金属中运用最广泛的是铝及铝合金、铜及铜合金。

(1) 碳素钢。碳素钢简称碳钢,碳的含量对其性能影响最大。

1) 碳素钢的分类。按碳钢中碳的质量分数 (W_c) 大小来划分,分为:

a) 低碳钢: $W_c \leq 0.25\%$ 。

b) 中碳钢: $0.25\% < W_c \leq 0.60\%$ 。

c) 高碳钢: $W_c > 0.60\%$ 。

按碳钢的质量, 以钢中有害元素 s、p 含量的数量 (W_s 、 W_p) 大小来划分, 分为:

a) 普通碳素钢: $W_s \leq 0.050\%$ 、 $W_p \leq 0.045\%$ 。

b) 优质碳素钢: $W_s \leq 0.035\%$ 、 $W_p \leq 0.035\%$ 。

c) 高级优质碳素钢: $W_s \leq 0.025\%$ 、 $W_p \leq 0.030\%$ 。

按碳钢的用途划分, 可分为:

a) 碳素结构钢。具有较高的强度和塑性, 主要用于制造工程构件和机器零件, 属于低碳钢。常用的结构钢材料有 Q235、16Mn、20CrMnTi、40、45、40Cr、60Si2Mn、GCr15 等。

b) 碳素工具钢。具有高硬度、高强度的力学性能, 主要用于制造各种刀具、工具和量具, 一般属于高碳钢。常用的工具钢材料有 T8、T10、9SiCr、C12MoV、5CrNiMo、W18Cr4V 等。

c) 特殊性能钢。具有特殊的物理、化学性能和使用性能, 主要用于制作适合特殊环境和条件下工作的机器零件。常用的特殊性能钢材料有 1Cr13、1Cr17、3Cr13Mo、1Cr18Ni9 等。

2) 碳素钢的牌号及用途。

a) 普通碳素结构钢。普通碳素结构钢又称为碳素结构钢, 它的牌号由屈服点的“屈”字汉语拼音首字母“Q”、屈服极限的数值、质量等级符号和脱氧方法四个部分按顺序构成。质量分为 A、B、C、D 四等依次升高。脱氧方法用 F、B、Z、TZ 分别表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢和特殊镇静钢, 牌号中 Z、TZ 符号可以省略。如 Q235-AF 表示屈服极限为 235MPa 质量为 A 等的沸腾钢。

普通碳素结构钢中 W_c 为 $0.06\% \sim 0.38\%$, 钢中有害杂质和非金属杂质较多, 主要用来制造一般工程结构和普通机械零件, 通常轧制成圆钢、钢板、角钢和工字钢等型材。

b) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的牌号由两位数字构成, 数字为该钢平均含碳质量的万分数。如 45 表示平均含碳质量为 0.45% 的优质碳素结构钢。若为沸腾钢, 则在牌号后面加“F”符号, 如 08F。若锰含量较高, 则在牌号后面加“Mn”符号, 如 16Mn 等。

优质碳素结构钢一般用来制造轴、齿轮、连杆和弹簧等比较重要的机器零件。

c) 碳素工具钢。碳素工具钢的牌号由符号“T”和数字构成, 数字为该钢平均含碳质量的千分数。如 T10 表示平均含碳量为 1.0% 的碳素工具钢。若为高级优质碳素工具钢, 则在牌号后面加“A”, 如 T10A。

碳素工具钢因价格低廉, 易刃磨, 广泛用于制造不受冲击、高硬度、耐磨的低速切削刀具、量具和模具等, 如锉刀、手锯条、拉丝模等。

(2) 合金钢。在碳钢中有目的地加入合金元素, 以改善和提高其性能, 这种钢称为合金钢。合金钢中常加入的元素有锰 (Mn)、硅 (Si)、铬 (Cr)、镍 (Ni)、钼 (Mo)、钒 (V) 和钛 (Ti) 等。

1) 合金钢的分类: 按合金元素含量的多少划分, 分为:

a) 低合金钢: 合金元素总含量低于 5% 。

b) 中合金钢: 合金元素总含量为 $5\% \sim 10\%$ 。

c) 高合金钢：合金元素总含量大于 10%。

按材料用途划分，分为：

a) 合金结构钢：用于制造机械零件和工程构件等。

b) 合金工具钢：用于制造各种刀具、量具和模具等。

c) 特殊性能钢：具有特殊物理和化学性能的钢材，如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

2) 合金钢的牌号及用途。

a) 合金结构钢。合金结构钢的牌号由“两位数字+化学元素+数字”构成，前两位数字为钢平均含碳质量的万分数，中间的元素符号表示该钢中所含的合金元素，后面的数字表示该钢中所含合金元素的平均质量百分数，若合金元素的平均含量小 1.5% 时数字省略，牌号中只标明元素符号。如 40Cr 表示 W_c 为 0.40%、 W_{Cr} 低于 1.5%；60Si2Mn 表示 W_c 为 0.60%、 W_{Si} 为 2%、 W_{Mn} 低于 1.5%。它主要用于制造承载力高、力学性能要求高的机械零件和工程构件等，如齿轮、活塞和压力容器等。

b) 合金工具钢。合金工具钢的牌号构成和合金结构钢相似，只是前面的数字为钢平均含碳质量的千分数，当平均含碳量大于等于 1% 时数字省略。如 W18Cr4V 表示 W_c 大于等于 1%、 W_w 为 18%、 W_{Cr} 为 4%、 W_v 低于 1.5% 合金工具钢。它主要用于制造形状复杂、尺寸较大的模具、高速切削用的刀具和量具等，如钻头、铰刀、量块和冲模等。

c) 特殊性能钢。不锈钢和耐热钢的牌号构成与合金工具钢相同，耐磨钢的牌号不标注含碳量。1Cr17、1Cr18Ni9Ti、3Cr13 等是常用的不锈钢，主要用于制造对耐腐蚀要求较高的器件，如吸收塔零部件、管道及医疗器械等；15CrMn、4Cr14Ni14W2Mo 等是常用的耐热钢，主要用于制造汽轮机叶片及蒸汽管道等；ZGMn13 属于耐磨高锰钢，主要用于制造车辆履带、挖掘机铲齿、破碎机颚板等。

(3) 铸铁。铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金，并有含量比钢中多的 S、P、Si、Mn 等元素。与钢相比，铸铁的力学性能较差，但因其良好的铸造性、耐磨性、消振性、切削加工性、低的缺口敏感性，以及生产工艺简单、成本低廉等特点，被广泛应用于机械制造行业。

按碳在铸铁中存在的形式和石墨形态的不同，铸铁分为白口铸铁、灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁和蠕墨铸铁。铸铁中不同石墨的不同形态如图 1-2 所示。

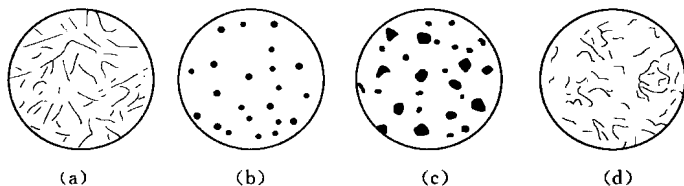


图 1-2 石墨在铸铁中的不同形态

(a) 片状；(b) 球状；(c) 团絮状；(d) 蠕虫状

1) 白口铸铁。白口铸铁中碳全部以渗碳体形式存在其中，断口呈银白色。它的性能脆而硬，难以加工，因此很少用来制造零件，一般将其作为炼钢或铸铁生产的原料。有时也根据其硬度高、耐磨性能好特点，用它来制造某些耐磨零件。

2) 灰铸铁。灰铸铁中碳主要以片状石墨形态存在,如图 1-2(a)所示,断口呈灰色。灰铸铁的显微组织是由钢的基体和片状石墨组成的混合体,它是应用最广泛的铸铁品种。

a) 灰铸铁的性能。灰铸铁的力学性能。灰铸铁中碳的片状石墨形态对材料的力学性能影响很大。石墨的片状形态使其自身极易引起应力集中,同时对钢的基体起到割裂作用,因此灰铸铁的抗拉强度低,材料的塑性、韧性很差。

灰铸铁的耐磨和抗震性能。石墨本身具有良好的润滑性,又可以吸附储存润滑油从而在摩擦面形成油膜,因此材料的耐磨性能好。同时,由于石墨的存在能阻止能量的传播,故而具有良好的减震性能。

灰铸铁的缺口敏感性能。灰铸铁中碳的片状石墨形态如同在钢的基体中分布着大量的裂纹,使其对外来缺口的敏感性减弱,故而材料具有对缺口的低敏感性。

灰铸铁的工艺性能。灰铸铁由于其流动性好,收缩性小,因而铸造性能很好。由于存在石墨及其片状形态,加工时易断屑,又具有自润滑作用,因此灰铸铁具有良好的切削加工性能。但由于其塑性、韧性很低,因此不能进行锻造。同时,灰铸铁的焊接性能和热处理性能也比较差。

b) 灰铸铁的牌号和应用。灰铸铁的牌号以符号“HT+数字”表示。“HT”为灰铁汉语拼音的首字母,其后的数字表示最低的抗拉强度。

设计铸件时,应根据壁厚选择材料牌号。灰铸铁的牌号及其应用举例如表 1-1 所示。

表 1-1 灰铸铁的牌号及其应用

类 别	牌 号	铸件壁厚 (mm)	最小抗拉强度 σ_b (MPa)	应 用 举 例
普通灰铸铁	HT100	2.5~10	130	小负荷不重要件或薄壁件,如防护罩、盖板等
		10~20	100	
		20~30	90	
		30~50	80	
	HT150	2.5~10	175	中等负荷不重要件,如箱体、机座、支架、带轮、法兰、泵体、阀体等
		10~20	145	
		20~30	130	
		30~50	120	
	HT200	2.5~10	220	中等负荷重要件,如齿轮、床身、汽缸、衬套、飞轮、底架、阀体等
		10~20	195	
		20~30	170	
		30~50	160	
孕育铸铁	HT250	4~10	270	床身、齿轮箱、机体、阀体、液压缸、凸轮、衬套等
		10~20	240	
		20~30	220	
		30~50	200	
	HT300	10~20	290	齿轮、凸轮、剪床、重型机床身、液压件等

3) 球墨铸铁。碳全部或大部分以球状石墨形态存在其中,如图1-2(b)所示。在碳、硅含量稍高的铁液中加入适量的球化剂和孕育剂进行球化处理和孕育处理,就可得到球墨铸铁。

a) 球墨铸铁的性能。球墨铸铁的强度远远大于灰铸铁,甚至能与中碳钢媲美。球墨铸铁有较高的疲劳强度和一定的塑性及冲击韧性,其焊接性能和热处理性能也比灰铸铁好。同时,球墨铸铁有着与灰铸铁同样的优良性能,如良好的铸造性能、减震性能、切削加工性能和较低的缺口敏感性。

随着化学成分、冷却速度和热处理方式的不同,球墨铸铁可得到不同的组织。应用最广泛的是珠光体球墨铸铁和铁素体球墨铸铁。珠光体球墨铸铁可以代替碳钢制造某些承受较大交变载荷和摩擦的重要零件,如曲轴、连杆、凸轮和蜗轮等。铁素体球墨铸铁的抗拉强度低于珠光体球墨铸铁,但其塑性和冲击韧性较高,常代替可锻铸铁用于制造汽车、拖拉机和农用机械上的一些零件。

球墨铸铁中的碳呈球状石墨形态,其对铸铁基体的割裂作用减小到了最低程度,因而用热处理的方法,通过改变其基体组织可达到明显改善球墨铸铁的力学性能的目的。常用的热处理方法有退火、正火、调质和等温淬火等。

b) 球墨铸铁的牌号和应用。球墨铸铁的牌号以符号“QT+数字+数字”表示。“QT”为“球铁”汉语拼音的首字母,其后的第一组数字表示最低的抗拉强度,第二组数字表示伸长率。

球墨铸铁的牌号及其应用举例如表1-2所示。

表 1-2 球墨铸铁的牌号及其应用

牌 号	最小抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	伸长率 δ (%)	布氏硬度 HBS	应 用 举 例
QT400-18	400	250	18	130~180	承受冲击载荷、有振动的零件,如车辆底盘零件等
QT400-15	400	250	15	130~180	
QT450-10	450	310	10	160~210	大载荷、复杂载荷的零件,如车辆曲轴、凸轮、连杆、蜗轮、蜗杆等
QT500-7	500	320	7	170~230	
QT600-3	600	370	3	190~270	
QT700-2	700	420	2	225~305	高强度齿轮,如车辆后桥的锥齿轮、大减速比齿轮等
QT800-2	800	480	2	245~335	
QT900-2	900	600	2	280~360	

4) 可锻铸铁。可锻铸铁中碳主要以团絮状石墨形态存在,如图1-2(c)所示。它是通过将碳、硅含量较低的铁液浇铸成白口铸铁件,再经过长时间的退火使渗碳体分解成团絮状石墨而成为可锻铸铁的。

可锻铸铁按照退火方法的不同,分为黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁和白心可锻铸铁。在我国常用的是黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁。

a) 可锻铸铁的性能。可锻铸铁中的碳呈絮状石墨形态,对铸铁基体的割裂作用很小,与灰铸铁相比,它具有较强的塑性及韧性。名称中的“可锻”意指其塑性及韧性较好,然

而它是不可锻造的。

b) 可锻铸铁的牌号和应用。可锻铸铁的牌号以符号“KT+数字+数字”表示。“KT”为“可铁”汉语拼音的首字母，其后的第一组数字表示最低的抗拉强度，第二组数字表示伸长率。若是黑心可锻铸铁，在“KT”后加“H”；若是珠光体可锻铸铁，在“KT”后加“Z”。

可锻铸铁的牌号及其应用举例如表 1-3 所示。

表 1-3 可锻铸铁的牌号及其应用

类 别	牌 号	最小抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	伸长率 δ (%)	布氏硬度 HBS	应用 举 例
黑心可锻铸铁	KTH300—06	300	—	6	≤ 150	承受冲击、扭转 载荷及有振动的零 件，如车辆后桥壳、 轮壳、转向机构壳 体、低压阀门等
	KTH330—08	330	—	8		
	KTH350—10	350	220	10		
	KTH370—12	370	—	12		
珠光体可锻铸铁	KTZ450—06	450	270	6	150~200	大载荷、耐磨零 件，如曲轴、连杆、 齿轮、蜗轮、凸轮 轴等
	KTZ550—04	550	340	4	180~250	
	KTZ650—02	650	430	2	210~260	
	KTZ700—02	700	530	2	240~290	

可锻铸铁的力学性能优于灰铸铁，但由于生产过程较为复杂，退火周期长，成本高，所以主要用于制造形状复杂且性能要求较高的零件，尤其是一些薄壁零件。因为，这类零件若用灰铸铁制造，其韧性不足；若用铸钢制造，由于其铸造性能较差，无法保证零件质量。

5) 蠕墨铸铁。蠕墨铸铁中碳主要以蠕虫状石墨形态存在，如图 1-2 (d) 所示。它是在一定成分的铁液中加入适量的蠕化剂和孕育剂，从而使石墨形态介于片状和球状之间、形似蠕虫而得到蠕墨铸铁的。

蠕墨铸铁是新开发的一种铸铁。由于其石墨形态似蠕虫，端部圆钝，长厚比较小，因而对铸铁基体的割裂作用很小，抗拉强度和屈服强度高。同时，它还具有一定的韧性和较高的耐磨性，导热性能和铸造性能也很好，兼具灰铸铁和球墨铸铁的优点，常用来代替高强度铸铁、合金铸铁、铁素体球墨铸铁和黑心可锻铸铁制造复杂大型零件。

(4) 铝、铜及其合金。纯铝、纯铜具有良好的导电和导热性，密度小，耐腐蚀性好，塑性好，但强度低。工业上主要用它们制作导线、油管 and 日用器皿等，以及用于配制合金。

铝合金是在纯铝中加入铜、锌、镁等合金元素熔炼而成的合金。铝合金除保持有纯铝密度小、耐腐蚀的特点外，还有较高的力学性能。铝合金分为变形铝合金和铸造铝合金两类。变形铝合金的塑性好，常用制作各种型材、板材、骨架、管材及日常生活用品。铸造铝合金的铸造性能好，用于制造形状复杂及对力学性能要求较高的零件，如活塞、仪表壳体等。

铜合金是以纯铜为基体加入一种或几种其他元素所构成的合金。铜合金中最常见的是黄铜、白铜和青铜。黄铜是以锌为主要添加元素，具有美观的黄色，其力学性能好，主要用于制造弹簧、轴套、阀门、管道配件及耐腐蚀零件等。白铜是以镍为主要添加元素，工业用白铜分为结构白铜和电工白铜两大类。结构白铜的机械性能和耐蚀性好，广泛用于制

造精密机械、眼镜配件、化工机械和船舶构件及装饰器件等。电工白铜具有良好的热电性能，是制造精密电工仪器、变阻器、精密电阻、应变片和热电偶等的材料。青铜是指除黄铜、白铜以外的铜合金，它含有锡、铝、铍、硅和锰等元素。按添加元素的不同，青铜分为锡青铜、铝青铜、铍青铜等，主要用于制造耐磨损及抗腐蚀类零件，如轴承、轴套、齿轮、蜗轮、弹簧等产品。

4. 钢铁材料的火花鉴别

钢铁材料的火花鉴别是指通过观察钢铁与高速旋转的砂轮接触磨削时所形成火花的特征，对钢铁材料进行定性分析的方法。钢铁的火花形状和色泽随材料中碳元素和合金元素的多少而不同。因此，通过材料火花的特征就可以推断出其中碳元素的多少和合金元素的种类，从而对材料进行现场鉴别。

(1) 火花鉴别的主要内容。

1) 火花束。火花束是指砂轮磨削材料时产生的全部火花。它由根部、中部和尾部三部分组成，如图 1-3 所示。

2) 流线。流线是砂轮磨削材料时磨削颗粒高速飞行的光亮线条轨迹。它分为直线流线、断续流线和波状流线等三种，如图 1-4 所示。

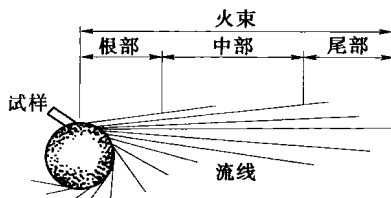


图 1-3 火花束的组成

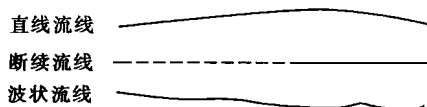


图 1-4 流线的分类

3) 节点和爆花。流线在中途会产生爆裂，爆裂处呈明亮的点称为节点。发生爆裂的火花形状称为爆花，根据爆花的次序分为一次花、二次花、三次花和多次花等，如图 1-5 所示。火花爆裂时所射出的线条称为芒线，根据分叉情况有两根分叉、三根分叉、四根分叉和多根分叉等，如图 1-6 所示。

分散在爆花之间、节点和流线附近的明亮小点称为花粉。

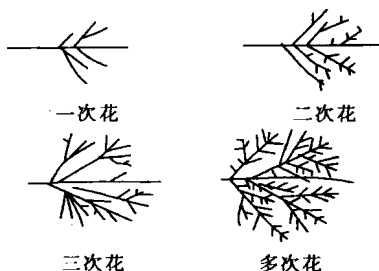


图 1-5 爆花的形式

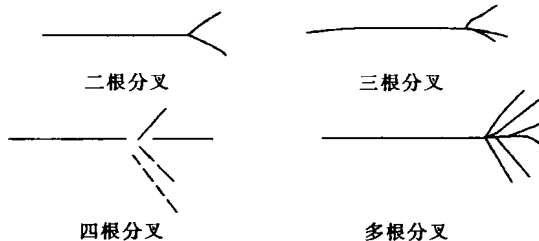


图 1-6 芒线的分叉

4) 尾花。尾花是指流线的尾部形状特征。材料中不同的化学成分会呈现出不同的尾花，常见的有狐状尾花和枪尖尾花两种，如图 1-7 所示。

5) 色泽。色泽是指材料火花束的整个或某些部分的颜色所呈现出的明暗程度。

(2) 常见钢铁的火花特征。碳是易燃物质,随着碳含量的增加,火花束变短,流线、爆花、花粉和亮度等均增加,磨削时手感变硬,色泽从亮黄向黄橙转化。

20 钢的火花特征。火花束长,呈草黄微红色,流线条中等且稍粗,爆花量不多且为一次爆花,芒线呈多根分叉,如图 1-8 所示。

40 钢的火花特征。火花束较短,色泽较明亮,流线多且稍细,三次爆花占整个火花的 $\frac{3}{5}$ 以上,芒线呈多根分叉,有小花及花粉,如图 1-9 所示。

T8 钢的火花特征。火花束粗而短,呈橙色微暗,流线多且细,三次花较多,二次花占整个火花的 $\frac{5}{6}$ 以上,小花及花粉较多,如图 1-10 所示。

W18Cr4V 的火花特征。火花束细长,暗红色,无火花爆裂,芒线长且尖端秃,首部和中部为断续或波浪流线,尾端流线膨胀并下垂,呈点状狐尾尾花,如图 1-11 所示。



图 1-7 尾花的形式



图 1-8 20 钢的火花特征

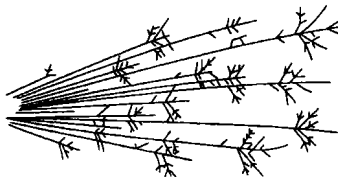


图 1-9 40 钢的火花特征

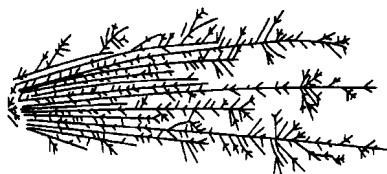


图 1-10 T8 钢的火花特征



图 1-11 W18Cr4V 的火花特征

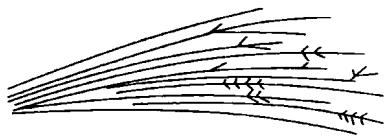


图 1-12 灰铸铁的火花特征

灰铸铁的火花特征。灰铸铁含有较多的碳和硅。碳主要以游离石墨的形式存在,硅有抑制火花爆裂的作用。因此,爆花量少,火花束细而短,流线条不多,呈暗红色,尾端流线膨胀并下垂,呈羽毛状尾花,如图 1-12 所示。

(3) 火花鉴别的操作。火花鉴别的主要工具是砂轮机。砂轮粒度为 36~60 号,直径为 150~200mm,转速以 300r/min 为宜。鉴定场所不宜太亮。

火花鉴别的操作如下:

- 1) 观察火花束有无爆花及花粉,开叉爆花次数,以此断出碳的含量。
- 2) 观察流线颜色,进一步推断碳含量,同时推断出钢铁的种类。
- 3) 如推断材料为合金钢,继续观察火花特征,进一步推断出合金元素的种类。