

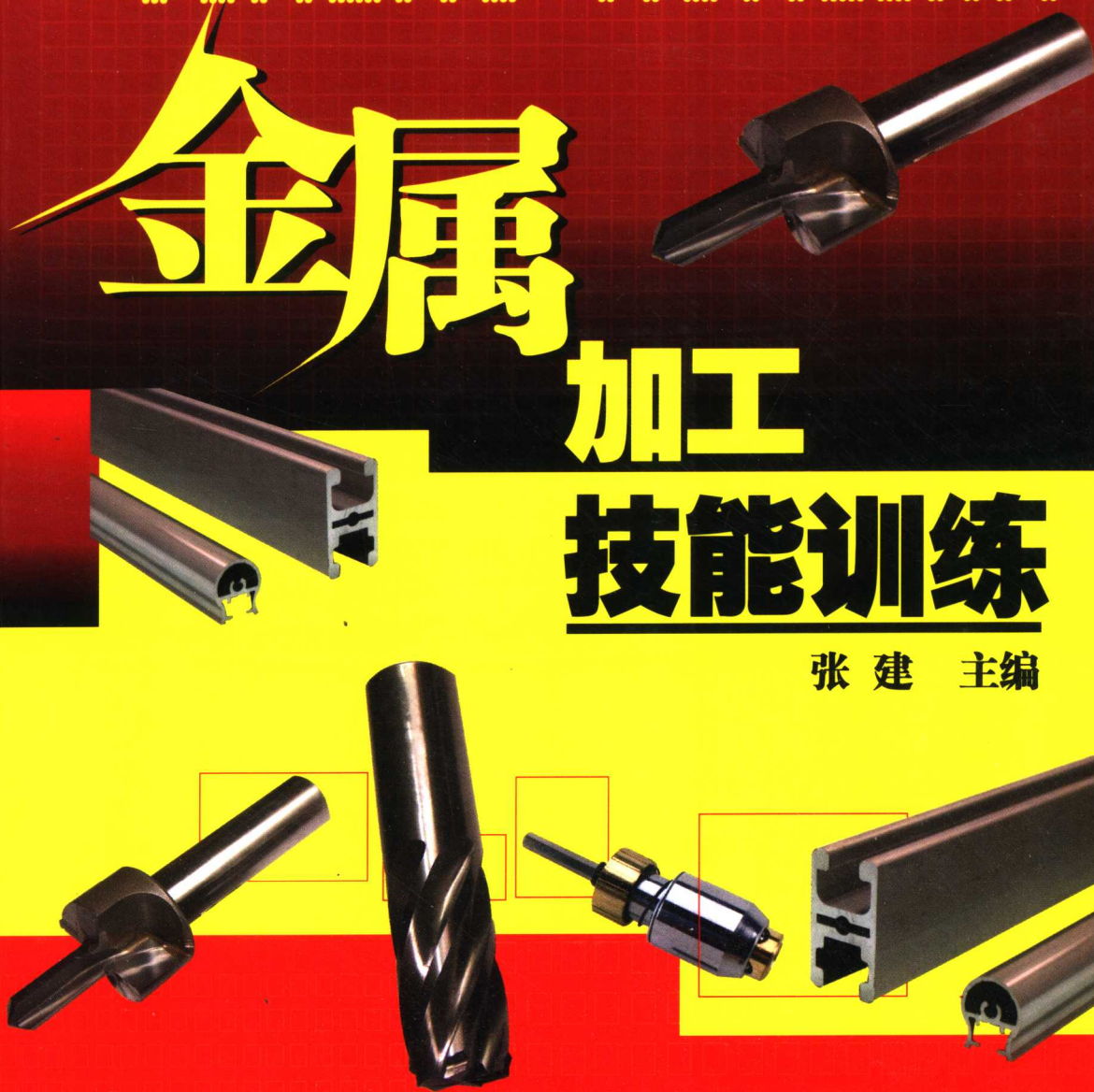
JINSHU JIAGONG
JINGENG XUNLIAN

金属

加工

技能训练

张建 主编



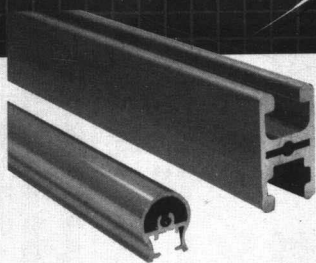
化学工业出版社

JINSHU JIAGONG
JINENG XUNLIAN

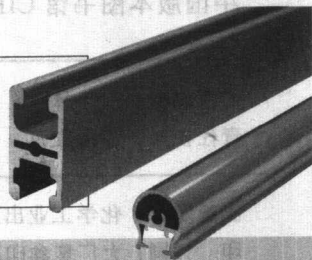
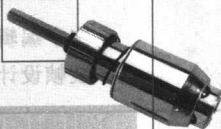
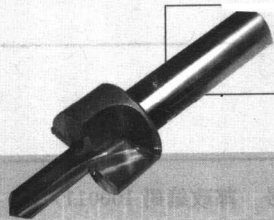
金属

加工

技能训练



张建 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

金属加工技能训练/张建主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 6

ISBN 978-7-122-00288-4

I. 金… II. 张… III. 金属加工-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 055611 号

责任编辑: 卢小林

文字编辑: 项 激

责任校对: 战河红

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 11 $\frac{1}{4}$ 字数 191 千字 2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是按照“突出技能，重在实用”的指导思想，结合高等职业教育金工技能训练课程的具体情况，总结教学实践和教学成果编写而成的。

高等职业教育要求其培养的学生在理论与实践技能方面都要有较高的水平。实践教学有利于培养和锻炼学生综合运用所学专业知识和技能、独立工作的能力，有利于开发学生的创新能力，也有利于培养学生良好的职业道德、意志品质、心理承受能力和团结协作精神，使他们毕业后能尽快地适应岗位工作。

通过对金工技能训练，可以帮助学生了解零件的加工工艺过程，正确掌握零件的主要加工方法，并指导学生的实际操作，使学生获得基本操作技能，同时使学生对机械制造的全过程有一个初步的了解，为以后的学习及工作打下一定的实践基础。

由于金工技能训练是实践操作课程，本教材在编写时采用了技能训练课题的方式，强调以实际操作为主，对加工设备及其结构和操作要点都作了较详尽的介绍，对加工方法则以操作过程和操作技术为主，旨在培养学生掌握实际基本技能。

本书主要包括金工技能训练基本知识，钳工加工，车削加工，铣削加工，刨削、拉削和镗削加工，磨削加工和焊接加工等内容。提供了技能训练实例，并附有思考题，同时提供了钳工加工和车削加工技能训练参考课题，以便学生进一步巩固和提高所学知识。

本书由天津渤海职业技术学院副教授张建主编，参加编写的人员有天津渤海职业技术学院实验师杨利、秦立芳。

本书在编写过程中，天津龙卫精密仪器有限公司的机械工程师张琛和何勇同志给予了许多支持与指导，在此一并表示感谢。

由于编者水平和经验有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2007年1月

目 录

第 1 章 金工技能训练基础知识	1
课题一 安全生产知识	1
1. 课题目的与要求	1
2. 课题内容与要点	1
课题二 金属材料及热处理基本知识	2
1. 课题目的与要求	2
2. 课题内容与操作要点	2
思考题	10
课题三 通用量具的使用	10
1. 课题目的与要求	10
2. 课题内容与操作要点	10
思考题	16
第 2 章 钳工加工	17
课题一 划线操作	17
1. 课题目的与要求	17
2. 课题内容与操作要点	17
3. 技能训练实例——滑动轴承座划线操作	22
思考题	23
课题二 錾削	23
1. 课题目的与要求	23
2. 课题内容与操作要点	24
3. 技能训练实例——錾削技能训练	29
思考题	30
课题三 锯削	30
1. 课题目的与要求	30
2. 课题内容与操作要点	30

3. 技能训练实例——锯削技能训练	33
思考题	34
课题四 锉削	34
1. 课题目的与要求	34
2. 课题内容与操作要点	35
3. 技能训练实例——锉削技能训练	39
思考题	40
课题五 孔加工	40
1. 课题目的与要求	40
2. 课题内容与操作要点	40
3. 技能训练实例——钻孔技能训练	45
思考题	46
课题六 螺纹加工	46
1. 课题目的与要求	46
2. 课题内容与操作要点	46
3. 技能训练实例——攻螺纹技能训练	49
思考题	50
课题七 刮削	50
1. 课题目的与要求	50
2. 课题内容与操作要点	50
3. 技能训练实例——平面刮削技能训练	54
思考题	54
课题八 机械装配与拆卸	54
1. 课题目的与要求	54
2. 课题内容与操作要点	54
3. 技能训练实例——减速器装拆技能训练	58
思考题	58
课题九 钳工综合技能训练	59
1. 制作六角螺母	59
2. 制作鍪口锤头	60
钳工加工技能训练参考课题	61
第3章 车削加工	63
课题一 车削加工基本知识	63

1. 课题目的与要求	63
2. 课题内容与操作要点	63
3. 技能训练实例——C6136 型车床操作技能训练	75
思考题	77
课题二 轴类零件车削	77
1. 课题目的与要求	77
2. 课题内容与操作要点	77
3. 技能训练实例	80
思考题	82
课题三 盘套类零件车削	82
1. 课题目的与要求	82
2. 课题内容与操作要点	82
3. 技能训练实例——在车床上钻孔、车孔技能训练	85
思考题	86
课题四 圆锥面车削	86
1. 课题目的与要求	86
2. 课题内容与操作要点	86
3. 技能训练实例——车削外圆锥面技能训练	90
思考题	91
课题五 车螺纹	91
1. 课题目的与要求	91
2. 课题内容与操作要点	91
3. 技能训练实例——车削外螺纹技能训练	95
思考题	95
课题六 成形面车削和滚花	96
1. 课题目的与要求	96
2. 课题内容与操作要点	96
3. 技能训练实例——车削成形面技能训练	98
思考题	99
课题七 车工综合技能训练	99
1. 车削多种表面轴类零件	99
2. 车削活塞	101
车削加工技能训练参考课题	102

第 4 章 铣削加工	104
课题一 铣削加工基础知识	104
1. 课题目的与要求	104
2. 课题内容与操作要点	104
3. 技能训练实例——X6132 型万能升降台铣床操作技能训练	109
思考题.....	111
课题二 平面铣削	111
1. 课题目的与要求	111
2. 课题内容与操作要点	111
3. 技能训练实例——平面与台阶面铣削技能训练	114
思考题.....	115
课题三 沟槽铣削	115
1. 课题目的与要求	115
2. 课题内容与操作要点	115
3. 技能训练实例——直角槽与 V 形槽铣削技能训练	118
思考题.....	119
课题四 曲面与成形面铣削	119
1. 课题目的与要求	119
2. 课题内容与操作要点	119
思考题.....	121
第 5 章 刨削、拉削和镗削加工	122
课题一 刨削加工	122
1. 课题目的与要求	122
2. 课题内容与操作要点	122
3. 技能训练实例	127
思考题.....	129
课题二 拉削与镗削加工	130
1. 课题目的与要求	130
2. 课题内容与操作要点	130
思考题.....	135
第 6 章 磨削加工	136
课题一 磨削加工基础知识	136

1. 课题目的与要求	136
2. 课题内容与操作要点	136
3. 技能训练实例——M1432A 型万能外圆磨床操作技能训练	140
思考题	142
课题二 外圆、内圆及圆锥面磨削	142
1. 课题目的与要求	142
2. 课题内容与操作要点	142
3. 技能训练实例——内、外圆磨削技能训练	145
思考题	146
课题三 平面磨削	147
1. 课题目的与要求	147
2. 课题内容与操作要点	147
思考题	148
第 7 章 焊接加工	149
课题一 焊条电弧焊	149
1. 课题目的与要求	149
2. 课题内容与操作要点	149
3. 技能训练实例——焊条电弧焊技能训练	160
思考题	160
课题二 气焊与气割	161
1. 课题目的与要求	161
2. 课题内容与操作要点	161
思考题	168
参考文献	169

第 1 章

金工技能训练基础知识

课题一 安全生产知识

1. 课题目的与要求

- ① 认识安全生产的重要意义。
- ② 了解安全生产知识及防护措施。

2. 课题内容与要点

金工技能训练是一个实践性很强的过程，如果在金工技能训练过程中不遵守工艺操作规程或者缺乏一定的安全知识，很容易发生人身安全事故或设备安全事故。因此，在进行金工技能训练时，必须遵守以下安全要求：

- ① 听从指导人员的指导，按指导人员的操作要求操作。
- ② 在指定地点工作，不得随便离岗走动，打闹嬉戏。
- ③ 进入操作场地时要穿工作服，女同学要戴工作帽，长头发要压入帽内，严禁戴手套操作机床，不准穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋进入操作场地。
- ④ 机器设备未经许可严禁擅自动手操作。设备使用前要检查，发现损坏或其他故障应停止操作并及时报告。
- ⑤ 操作机器前须了解该设备的安全操作规程，并严格按照操作规程操作。
- ⑥ 开动机床后，人不要站在旋转件的切线方向，更不能用手触摸还在旋转的工件或刀具，严禁在开动机床过程中测量工件尺寸。
- ⑦ 不准用手直接清除铁屑。
- ⑧ 使用电器设备时，必须严格遵守操作规程，防止触电。
- ⑨ 万一发生事故，应立即关闭设备电源。
- ⑩ 要做到文明生产，工作结束后关闭电源，清除切屑，擦拭机床，加润滑油，使用的工件、工具、量具、原材料应摆放整齐，工作场地要保持整洁。

课题二 金属材料及热处理基本知识

1. 课题目的与要求

- ① 了解常用金属材料的种类、牌号及性能。
- ② 了解常用热处理方法。

2. 课题内容与操作要点

(1) 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两大类。使用性能反映材料在使用过程中所表现出来的特性，如物理性能、化学性能、力学性能等；工艺性能反映材料在加工制造过程中所表现出来的特性。

① 金属材料的力学性能 是指材料在外力作用下所表现出来的特性。主要有：强度、塑性、硬度和韧性等。

a. 强度。是指金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力。常用的强度性能指标是屈服点和抗拉强度。屈服点以符号 σ_s （或 $\sigma_{0.2}$ ）表示，单位为 MPa。屈服点代表材料抵抗微量永久变形的能力。抗拉强度以符号 σ_b 表示，单位为 MPa。抗拉强度代表材料抵抗断裂的能力。

b. 塑性。是指金属材料在断裂前发生不可逆永久变形的能力。常用的塑性性能指标是断后伸长率（用符号 δ 表示）和断面收缩率（用符号 ψ 表示）。断后伸长率和断面收缩率的数值越大，则材料的塑性越好。

c. 硬度。是指材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。是衡量金属软硬程度的一种性能指标。材料的硬度是用专门的硬度试验计测定的。常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度两种。

d. 韧性。是指金属在断裂前吸收变形能量的能力。金属的韧性通常随加载速度提高、温度降低、应力集中程度加剧而减小。

② 金属材料的工艺性能 金属材料的工艺性能主要有铸造性、锻造性、焊接性和切削加工性。

a. 铸造性。是指金属材料能否用铸造方法制成优质铸件的性能。铸造性的好坏取决于熔融金属的充型能力。影响熔融金属充型能力的主要因素之一是流动性。

b. 锻造性。是指金属材料在锻压加工过程中能否获得优良锻压件的性

能。它与金属材料的塑性和变形抗力有关，塑性越高，变形抗力越小，则锻造性越好。

c. 焊接性。是指金属材料在一定的焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度。焊接性好的材料，易于用一般的焊接方法和简单的工艺措施进行焊接。

d. 切削加工性。是指用刀具对金属材料进行切削加工时的难易程度。切削加工性好的材料，在加工时刀具的磨损量小，切削用量大，加工的表面质量也比较好。

(2) 常用金属材料的种类及牌号

① 碳素钢 含碳量小于 2.11% 的铁碳合金称为碳素钢，简称碳钢。实际应用的碳钢，其含碳量一般不超过 1.4%。碳钢中除铁、碳外，还有硅、锰等有益元素和硫、磷等有害杂质。

a. 碳素钢的分类。

② 按含碳量可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

- 低碳钢。含碳量在 0.0218%~0.25% 之间的钢。
- 中碳钢。含碳量在 0.25%~0.60% 之间的钢。
- 高碳钢。含碳量大于 0.60% 的钢。

③ 按质量可分为普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质碳素钢。

- 普通碳素钢。硫、磷含量较高。
- 优质碳素钢。硫、磷含量较低。
- 高级优质碳素钢。硫、磷含量很低。

④ 按用途可分为碳素结构钢和碳素工具钢。

• 碳素结构钢。一般属于低碳钢和中碳钢。按质量可分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢两种。

• 碳素工具钢。一般属于高碳钢。

b. 碳素钢的牌号。

① 碳素结构钢。以 Q235-A·F 为例，对普通碳素结构钢牌号的表示方法说明如下：

Q——屈服点“屈”的汉语拼音首字母；

235——屈服点数值，单位为 MPa；

A——质量等级代号，共分 A、B、C、D 四级，质量依次提高；

F——脱氧方法，标注 F 表示沸腾钢；标注 b 表示半镇静钢；不标注此符号则表示为镇静钢 (Z) 或特殊镇静钢 (TZ)。

优质碳素结构钢是严格按化学成分和力学性能供应的，质量比普通碳素

结构钢高。钢号用两位数字表示钢平均含碳量的万分之几。例如, 30 钢表示钢的含碳量为 0.30%。含锰量较高的优质碳素结构钢还应将锰元素在钢号后面标出, 如 15Mn、30Mn 等。

⑥ 碳素工具钢。碳素工具钢均为优质钢, 含碳量在 0.60%~1.35% 范围内。碳素工具钢的牌号用“T+数字”表示, 数字表示含碳量的千分之几。高级优质碳素工具钢在钢号后加一个“A”。例如, T7 表示含碳量为 0.7% 的碳素工具钢, T10A 表示含碳量为 1.0% 的高级优质碳素工具钢。

⑦ 铸钢。铸钢一般用于制造形状复杂、力学性能要求较高的零件。其牌号用“ZG+两组数字”表示。第一组数字表示最低屈服点值, 第二组数字表示最低抗拉强度值, 例如, ZG270-500 表示最低屈服点为 270MPa, 最低抗拉强度为 500MPa 的铸钢。

⑧ 合金钢 合金钢是在碳素钢中加入一些合金元素的钢。钢中加入的合金元素常有 Si、Mn、Cr、Ni、W、V、Mo、Ti 等。

a. 合金钢的分类。

① 按用途可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。

• 合金结构钢。用于制造工程构件及各种机械零件, 如齿轮、连杆、轴、桥梁等。

• 合金工具钢。用于制造各种工具、刀具、模具和量具。

• 特殊性能钢。具有某种特殊的物理、化学性能的钢, 包括不锈钢、耐热钢、耐磨钢。

② 按合金元素总量可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢。

• 低合金钢。合金元素总量低于 5%。

• 中合金钢。合金元素总量在 5%~10% 以内。

• 高合金钢。合金元素总量高于 10%。

b. 合金钢的牌号

① 合金结构钢。合金结构钢的牌号用“两位数字+元素符号+数字”表示。前两位数字表示钢中含碳量的万分数; 元素符号表示所含合金元素; 后面数字表示合金元素平均含量百分数, 当合金元素的平均含量小于 1.5% 时, 只标明元素不标明含量, 含量等于或大于 1.5%、2.5%、3.5% 时, 相应地以 2、3、4 等来表示, 如 60Si2Mn 表示平均含碳量为 0.6%, 硅含量为 2%, 锰含量小于 1.5%。

② 合金工具钢。合金工具钢的含碳量比较高 (0.8%~1.5%), 钢中还加入 Cr、Mo、W、V 等合金元素。合金工具钢的牌号与合金结构钢大体相同。不同的是, 合金工具钢的含碳量大于 1.0% 时不标出, 小于 1.0% 时以

千分数表示。如 9Mn2V 表示平均含碳量为 0.9%，锰含量为 2%，钒含量小于 1.5%。

③ 特殊性能钢。特殊性能钢的编号方法基本与合金工具钢相同。如 2Cr13 表示含碳 0.2%、铬 13% 的不锈钢。

③ 铸铁

a. 铸铁的分类。含碳量大于 2.11% 的铁碳合金称为铸铁。根据碳在铸铁中存在的形态不同，通常可将铸铁分为白口铸铁、灰铸铁、球墨铸铁及可锻铸铁等。

① 白口铸铁。这类铸铁中的碳，绝大多数以 Fe_3C 的形式存在，断口呈亮白色，其硬度高、脆性大，很难进行切削加工，主要用来作为炼钢或制造可锻铸铁的原料。

② 灰铸铁。铸铁中的碳大部分以片状石墨形式存在，其断口呈暗灰色，故称灰铸铁。

③ 球墨铸铁。铸铁中的碳绝大部分以球状石墨的形式存在，故称球墨铸铁。

④ 可锻铸铁。由白口铸铁经高温石墨化退火而制得，其组织中的碳呈团絮状。

b. 铸铁的牌号。灰铸铁的牌号由“HT+一组数字”组成，数字表示其最低抗拉强度。可锻铸铁由“KT+两组数字”组成，从前到后分别表示最低抗拉强度和断后伸长率。球墨铸铁的牌号由“QT+两组数字”组成，其含义和可锻铸铁完全相同。

④ 有色金属及其合金

a. 铝及铝合金。

① 纯铝。纯铝为银白色，熔点为 660°C ，导电、导热性好，强度和硬度低，切削加工性好。铝的牌号由“L+数字”表示，数字表示顺序号，工业纯铝的牌号为 L1~L7，编号越大，纯度越低。

② 铝合金。在铝中加入 Cu、Mn、Si、Mg 等合金元素即可成为铝合金。根据加工方法不同可分为形变铝合金和铸造铝合金两类。形变铝合金具有良好的塑性，适用于压力加工；铸造铝合金塑性较差，只适用于成形铸造。

b. 铜及铜合金。

① 纯铜。纯铜又称紫铜，熔点为 1083°C ，具有良好的导电性、导热性和塑性。根据杂质含量的不同，纯铜的牌号有 T1、T2、T3 和 T4 四种，编号越大，纯度越低。

⑤ 铜合金。在铜中加入 Zn、Sn、Ni、Sb 等合金元素即可成为铜合金。铜合金可分为黄铜和青铜两大类。

(3) 金属材料的热处理

金属材料的热处理是利用对金属材料进行固态加温、保温及冷却，而使金属材料内部结构和晶粒的粗细发生变化，从而获得需要的力学性能（强度、硬度、塑性、韧性等）和化学性能（抗热、抗氧化、耐蚀等）的工艺方法。

常用的金属材料热处理方法有以下几种。

① 退火 将钢加热到一定温度并在此温度下保温，然后随炉缓冷到室温，这一热处理工艺称为退火。

按钢的成分和热处理的目的不同，退火方法有以下几种。

a. 完全退火。可以降低材料的硬度，消除钢中的不均匀组织和内应力。

b. 球化退火。目的在于降低硬度，改善切削加工性能，主要用于高碳钢。

c. 去应力退火。主要用于消除金属材料的内应力。

② 正火 将钢加热到一定温度，保温一段时间后在空气中冷却的方法，称为正火。正火可以得到较细的组织，其硬度、强度均较退火高。

③ 淬火 将钢加热到一定温度，保温后以大于临界冷却速度冷却的热处理工艺称为淬火。它是提高材料的硬度及耐磨性的重要热处理工艺。

④ 回火 将淬火后的工件加热到临界点以下的温度，并保温一段时间，然后以一定的方式冷却到室温，这种热处理方法称为回火。回火是淬火的继续，经淬火的钢件须经回火处理。回火可减少或消除工件淬火后产生的内应力，调整钢件的强度和硬度，使工件获得所需的综合力学性能及稳定组织。常见的“调质处理”就是“淬火+高温回火”热处理。

⑤ 表面淬火 通过快速加热（火焰或感应加热）使工件表层迅速达到淬火温度，不等到热量传到心部就立即冷却的热处理方法称为表面淬火。表面淬火可使工件获得高硬度的表层及有韧性的的心部。

⑥ 化学热处理 将工件置于化学介质中加热保温，改变表层的化学成分和组织，从而改善表层性能的热处理工艺即为化学热处理。

化学热处理方法很多，常用的方法有：

a. 渗碳。提高工件表层的含碳量，达到提高工件表面硬度的目的。

b. 渗氮。将氮渗入工件表层，可提高工件表面的硬度及耐磨性。

c. 氰化。在工件表层同时渗入碳原子和氮原子的过程称为氰化。

(4) 钢铁材料的鉴别方法

① 涂色鉴别法 在管理和使用钢材时,为了避免出差错,常在钢材的两端面涂上不同颜色的油漆作为标记,常用钢材的标准标记如下:

- 碳素结构钢,如 Q235 钢——红色;
- 优质碳素结构钢,如 45 钢——白色+棕色;
- 优质碳素结构钢,如 60Mn 钢——绿色 3 条;
- 合金结构钢,如 20CrMnTi 钢——黄色+黑色;
- 合金结构钢,如 42CrMo 钢——绿色+紫色;
- 铬轴承钢,如 GCr15 钢——蓝色 1 条;
- 高速钢,如 W18Cr4V 钢——棕色 1 条+蓝色 1 条。

② 断口鉴别法 工厂常用观察被敲断的钢铁材料的断口特征来初步判断钢铁材料的种类。断口分析简便易行,可通过肉眼、放大镜、低倍率光学显微镜来研究断口的特征,检查钢铁材料在冶炼或加工过程中造成的缺陷,如气孔、缩松、晶粒粗细等。

常用钢铁材料的断口特征大体如下。

低碳钢:一般不易敲断,断口周围有明显的塑性变形现象,断口颗粒均匀,清晰可辨。

中碳钢:断口周围的塑性变形现象没有低碳钢明显,断口颗粒较细密。

高碳钢:断口周围无明显塑性变形现象,断口颗粒很细密。

铸铁:极易敲断,断口周围没有塑性变形现象,断口颗粒粗大。

③ 火花鉴别法 火花鉴别法是用一定的压力将钢在一定直径和一定转速的砂轮上打磨,根据钢材打磨时所发生的火花形态、色泽变化情况而鉴别钢铁成分的方法。

a. 火花名称及特征。

① 火花束。钢材在砂轮上磨削时发生的火花形式称为火花束。火花束可分为根部火花、中部火花和尾部火花 3 部分,如图 1-1 所示。

② 流线。磨削颗粒高速飞出时所发生的光亮线条称为流线,其形状有直线状流线、断续状流线和波状流线。

③ 爆花。在流线中途发生的爆裂花形称为爆花,其形状有羽毛状、树枝状和苞花状。爆花是由节点、芒线和花粉构成的。流线中途爆裂的发生点称节点,有些爆花的节点明亮而肥大,有些爆花则无明显的节点。爆花的流线称为芒线,芒线之间所呈现的点末状火花称为花粉,如图 1-2 所示。

爆花可分为一次、二次、三次和多次爆花。一次爆花指只有一次爆裂的芒线,二次爆花是在一次爆花的芒线上又一次发生爆裂,若在二次爆花的芒

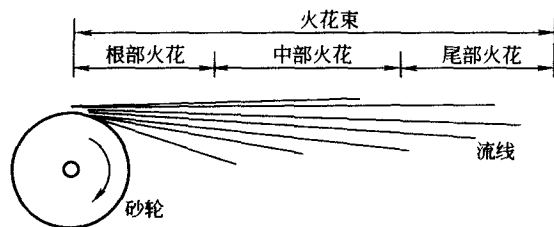


图 1-1 火花束各部分名称

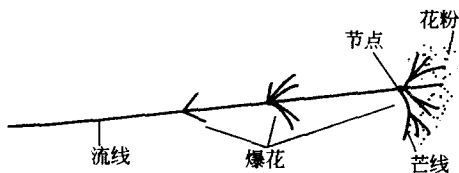


图 1-2 流线与爆花

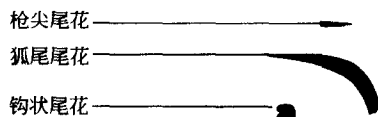


图 1-3 尾花形式

线上再次发生爆裂则称为三次爆花，在三次爆花的芒线上继续发生爆裂称为多次爆花。

④ 尾花。尾花是流线尾部所发生的变态形式，常见的有枪尖尾花、狐尾尾花和钩状尾花，如图 1-3 所示。

⑤ 色泽。色泽指整个火花束或某部分火花颜色和明暗程度。

b. 碳素钢的火花鉴别。

① 低碳钢。低碳钢流线多、线条粗且较长，具有一次多分叉爆花；芒线稍粗，色泽较暗，呈草黄色，花量稍多，多根分叉爆裂，如图 1-4 所示。

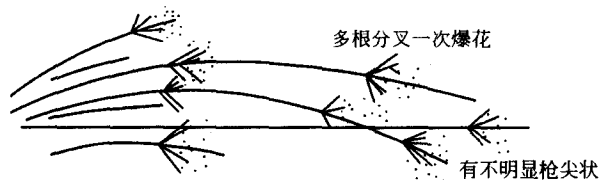


图 1-4 低碳钢火花图

② 中碳钢。中碳钢流线多，线条稍细且长，尾部挺直，具有二次爆花及三次爆花，芒线较粗，能清楚地看到爆花间有少量花粉，火束较明亮。45 钢火花图如图 1-5 所示。

③ 高碳钢。高碳钢流线多且细密，火花束短而粗，有三次和多次爆花，芒线细而长，其中花粉较多，整个火花束根部较暗，中部、尾部明亮。T10