

普通高等教育机械类课程规划教材

金工实习

(第二版)

◎主 编 魏斯亮 邱小林
◎副主编 李 兵 黎旭初
◎主 审 卢险峰

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

金 工 实 习

(第二版)

(附：金工实习报告)

主 编 魏斯亮 邱小林
副主编 李 兵 黎旭初
主 审 卢险峰

内 容 简 介

本书为工科院校金工实习教材,全书共分四篇 14 章,内容包括:金属材料与热处理、铸造成型、锻造与锻料冲压成型、焊接成型、切削加工基础知识、车削加工、铣削加工、钳工操作、刨削加工、磨削加工、特种加工、数控加工等基本章节。

为了突出和强化现代制造方法的实习操作内容,本书特种加工和数控加工的篇幅约占基本章节总篇幅的四分之一,所占比重较大。本书各基本章节之后均配有“实习安全技术”和“复习思考题”,便于规范学生的现场操作,帮助学生消化、巩固理论教学内容。

根据金工实习成绩考核的需要,本书设计编写了“综合作业”与“金工实习报告”两部分,采用活页形式装订,可以裁剪下来使用,使本书的内容更加合理和更加便于教学使用。

本书可作为普通高等工科院校本科、专科机械类、近机类、非机类专业的金工实习教材,也可供有关工程技术人员、自学考试学员、技术工人参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

金工实习/魏斯亮,邱小林主编. —2 版. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-5682-1820-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 010975 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京京华虎彩印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 410 千字

版 次 / 2016 年 1 月第 2 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言（第1版）

“金工实习”是工科院校学生必修的一门技术基础课，也是十分重要的一个实践性教学环节。“金工实习”的目的，在于使学生了解机械制造的一般过程，熟悉零件加工的常用方法与工艺装备，了解现代制造技术的推广应用，为学生后续专业课程的学习提供工程背景知识素材，为培养应用型、复合型高级工程技术人员打下必要的实践基础。

当今人才市场正在发生重大变化，社会需要大批既有扎实理论基础又有熟练动手能力的实用技能型人才。人才竞争的实例表明，经过较全面、较完善实习训练的毕业生往往更受企业欢迎，往往有着更大的择业优势。为此，全国各高等院校越来越注重学生的金工实习教学，都把加强金工实习作为培养学生实际动手能力和提升学生综合素质的重要措施之一。

金工实习的基本内容包括传统的机械制造，如：毛坯制取手段和材料改性途径、常用加工设备和工具的操作方法、安全操作规范和初步的工艺知识等，还包括数控车、数控铣、数控加工中心、数控线切割和电火花成型、激光加工、超声波加工等新技术、新工艺、新设备的操作，以适应我国大力推进新型工业化道路、抓紧技能型人才培养的实际需求。为了满足上述教学工作的需要，我们编写了这本金工实习教材。

本书内容包括金属材料与热处理、铸造成型、锻造与钣金冲压成型、焊接成型、切削加工基础知识、车削加工、铣削加工、钳工操作、刨削加工、磨削加工、特种加工、数控加工等基本章节。为了突出强化现代制造方法的实习操作，书中特种加工和数控加工的篇幅约占基本章节总篇幅的四分之一，比重较大。本书各基本章节后面均配有“实习安全技术”和“复习思考题”，便于指导和规范学生的现场操作，以帮助学生消化、巩固与深化理论教学内容。根据金工实习教学的考核需要，本书还设计编写了“综合作业”与“金工实习报告”两部分内容，采用活页形式装印，可以裁剪下来单独使用，使本书的内容更加合理和更加便于教学使用。

本书为工科院校金工实习教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

本书由魏斯亮、李兵、艾勇担任主编；杨国军、朱江峰、高黛华担任副主编；由南昌大学郭纪林担任主审。华东交通大学理工学院李兵编写第3、5、6章，华东交通大学理工学院黎旭初编写第7章，华东交通大学魏斯亮执笔编写其余章节。魏斯亮负责全书统稿。南昌理工学院朱峰、郭庆祝参加了本书部分章节的编写工作。

本书编写过程中，参考并引用了若干同类教材的文字和图片，谨向这些教材的编者致以衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

前言（第2版）

《金工实习》第1版教材出版至今，已经使用多年，为了适应新的教育改革形势和适应高校人才培养新的需求，特对第一版教材进行修订。

“金工实习”的目的，在于使工科院校学生了解机械制造的一般过程，熟悉零件的常用加工方法与工艺装备，了解现代制造技术的推广应用，为学生后续专业课程的学习提供工程背景知识素材，为培养应用型、复合型高级工程技术人才打下必要的实践基础。所以“金工实习”是工科院校学生必修的一门技术基础课，是十分重要的实践性教学环节。

制造业是一个国家国民经济的主体，拥有强大的制造业，才有国家和民族的强盛。为了打造具有国际竞争力的制造业，全国工科高等院校越来越注重学生的金工实习教学，都把加强金工实习作为培养学生实际动手能力和提升学生综合素质的重要措施之一。

《金工实习（第2版）》修订主要有两个方面：一是根据近年来国家颁布的有关新标准对本教材的相关内容进行了更新，二是为了强化教学效果精心编制增补了大量配套的复习思考题，所有习题均严格按“基本教材”中讲述的金工实习工种顺序进行配套编排，使本教材的可操作性、先进性和实用性进一步增强，使本教材的内容更加合理和更加便于各院校的现场教学使用。

《金工实习（第2版）》由魏斯亮、邱小林担任主编；李兵、黎旭初担任副主编；由南昌大学教授、博士生导师卢险峰担任主审。南昌理工学院教授邱小林执笔编写第1、2、4、11章，华东交通大学理工学院教授魏斯亮执笔编写第8、13、14章，李兵执笔编写第3、5、6、9章，黎旭初执笔编写第7、10、12章，由魏斯亮负责全书统稿。

本书编写过程中，参考并引用了若干同类教材的文字和图片，谨向这些教材的编者致以衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中的疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 金属材料及毛坯成型方法

第 1 章 金属材料与热处理	(1)
1.1 金属材料的性能	(1)
1.2 金属材料的现场鉴别	(4)
1.3 金属热处理方法	(7)
1.4 热处理实习安全技术	(9)
复习思考题	(9)
第 2 章 铸造成型	(11)
2.1 概述	(11)
2.2 砂型铸造工艺	(12)
2.3 金属的熔炼、浇注与落砂清理	(17)
2.4 铸件的检验及常见缺陷分析	(19)
2.5 特种铸造简介	(20)
2.6 铸造实习安全技术	(23)
复习思考题	(23)
第 3 章 锻造与钣金冲压成型	(25)
3.1 概述	(25)
3.2 锻造生产过程	(25)
3.3 自由锻	(27)
3.4 模锻与胎模锻简介	(31)
3.5 钣金冲压成型	(32)
3.6 锻造与钣金冲压实习安全技术	(35)
复习思考题	(36)
第 4 章 焊接成型	(38)
4.1 概述	(38)
4.2 手工电弧焊	(38)
4.3 气焊与气割	(44)
4.4 其他焊接方法	(47)
4.5 焊接实习安全技术	(51)
复习思考题	(51)

第二篇 金属切削加工方法

第5章 切削加工基础知识	(53)
5.1 概述	(53)
5.2 切削加工表面成型	(54)
5.3 切削运动及机床传动原理	(55)
5.4 加工表面及切削要素	(58)
5.5 刀具材料及刀具角度	(59)
5.6 常用量具使用方法	(62)
复习思考题	(68)
第6章 车削加工	(69)
6.1 概述	(69)
6.2 车床	(70)
6.3 车刀	(72)
6.4 工件安装与车床附件	(74)
6.5 车削基本操作	(78)
6.6 车削加工工艺及操作实例	(82)
6.7 车工实习安全技术	(84)
复习思考题	(84)
第7章 铣削加工	(86)
7.1 概述	(86)
7.2 铣床	(88)
7.3 铣刀	(90)
7.4 铣床附件及工件安装	(93)
7.5 铣削基本操作	(97)
7.6 铣工实习安全技术	(101)
复习思考题	(102)
第8章 钳工操作	(103)
8.1 概述	(103)
8.2 钳工基本操作	(103)
8.3 胶接简介	(115)
8.4 钳工装配	(116)
8.5 钳工操作示例	(119)
8.6 钳工实习安全技术	(120)
复习思考题	(120)

第9章 刨削加工	(122)
9.1 概述	(122)
9.2 刨床	(123)
9.3 刨刀	(127)
9.4 刨削基本操作	(128)
9.5 插削和拉削	(131)
9.6 刨工实习安全技术	(133)
复习思考题	(134)
第10章 磨削加工	(135)
10.1 概述	(135)
10.2 磨床	(136)
10.3 砂轮	(138)
10.4 工件的装夹	(142)
10.5 磨削基本操作	(144)
10.6 其他磨削方法简介	(148)
10.7 磨工实习安全技术	(151)
复习思考题	(152)
第三篇 现代制造方法	
第11章 特种加工	(153)
11.1 概述	(153)
11.2 电火花成型加工	(155)
11.3 数控电火花线切割加工	(158)
11.4 激光加工	(163)
11.5 超声波加工	(167)
11.6 电解加工	(168)
11.7 特种加工实习安全技术	(169)
复习思考题	(170)
第12章 数控加工	(171)
12.1 概述	(171)
12.2 数控车床操作方法	(178)
12.3 数控铣床操作方法	(187)
12.4 数控加工中心操作方法	(192)
12.5 数控加工实习安全技术	(201)
复习思考题	(202)

第四篇 附 录

第 13 章 综合作业	(203)
13.1 综合作业 1 车削套类零件	(203)
13.2 综合作业 2 磨削套类零件	(207)
13.3 综合作业 3 刨削矩形垫铁	(208)
13.4 综合作业 4 铨削六角螺母	(209)
13.5 综合作业 5 制作手锤锤头	(211)
第 14 章 金工实习报告	(214)
参考文献	(251)

第一篇 金属材料及毛坯成型方法

第1章

金属材料与热处理

学习完本章，应该掌握如下内容：

- ◆ 了解金属材料的力学性能、试验原理和选用原则。
- ◆ 了解常用钢铁材料的种类和现场鉴别方法。
- ◆ 了解金属材料性能的改善途径和热处理工艺。

1.1 金属材料的性能

1.1.1 金属材料概述

材料是人类生产和生活所必需的物质基础。人们将工程上广泛使用的材料称为工程材料。按材料的化学成分，可将工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

金属材料是目前应用最广泛的工程材料，它包括纯金属及其合金。

金属材料分为黑色金属与有色金属两大类：黑色金属主要指铁、锰、铬及其合金，其中以铁碳合金（钢、铸铁）的应用最广；有色金属是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。

1.1.2 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指材料克服外加载荷作用，抵抗变形和断裂的能力。金属材料的力学性能是设计零件及选择材料的重要依据。金属材料常用的力学性能指标有：强度、硬度、塑性、冲击韧度、疲劳强度等。

1. 强度

强度是指材料在静载荷作用下，抵抗塑性变形和断裂的能力。强度的主要指标是屈服强度（ σ_s ）和抗拉强度（ σ_b ），单位为 MPa。

屈服强度是指拉伸试样产生屈服现象时所对应的应力值，以符号 σ_s 表示。屈服强度是绝大多数零件设计时的选材依据，对于工作中不允许发生塑性变形的机械零件和金属结构，均应按屈服强度进行设计计算。

抗拉强度是指材料在被拉断破裂前所能承受的最大应力值,以符号 σ_b 表示,它也是工程设计和选材时的主要依据之一。

2. 塑性

塑性是指材料在静载荷作用下产生永久变形而不发生断裂破坏的能力。常用的塑性指标有伸长率(δ)和断面收缩率(ψ),它们均以百分数表示。

良好的塑性是材料进行成形加工的必要条件,也是零件工作时保证安全、不发生突然脆断的必要条件。伸长率和断面收缩率越大,材料的塑性越好,所制作的零件也就越不容易发生突然脆断。

3. 硬度

硬度是指材料抵抗其他硬物压入其表面的能力,硬度也是衡量材料耐磨性能的重要指标。在生产中硬度通常采用压入法进行测量。根据测试方法的不同,对应有许多种不同的硬度指标,常用的硬度指标有布氏硬度和洛氏硬度两种。

1) 布氏硬度(HB) 布氏硬度测定原理如图1-1所示:用一直径为 D 的淬硬钢球

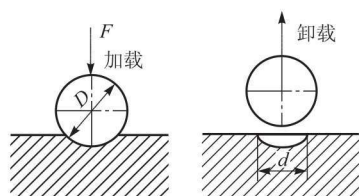


图 1-1 布氏硬度测定原理

(或硬质合金球)作为压头,在一定的载荷 F 的作用下压入被测材料表面,停留一段时间后卸载,用读数显微镜测量试件表面残留凹坑的压痕直径 d 并进行计算,以压痕的单位面积所承受的平均压力作为被测材料的布氏硬度值。布氏硬度试验法测量准确、稳定,常用于测定退火钢、正火钢、调质钢、铸铁、有色金属等毛坯件的硬度;但因压痕较大,不宜测试成品零件或薄片金属的硬度。由于布氏硬度

值值需要进行计算,布氏硬度实验法的操作稍显复杂。

2) 洛氏硬度(HR) 洛氏硬度测定原理如图1-2所示:用锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体(或直径为 $1/16$ 英寸的淬硬钢球)作为压头,在规定载荷(初载荷 F_0 与总载荷 F_0+F_1)的分别作用下压入被测工件表面,保压稳定后卸除主载荷 F_1 保留初载荷 F_0 ,根据压痕深度的残余增量 e 在洛氏硬度计的刻度盘上直接读出硬度值。根据试验时所用的压头和载荷不同,洛氏硬度指标有HRA、HRB、HRC三种。

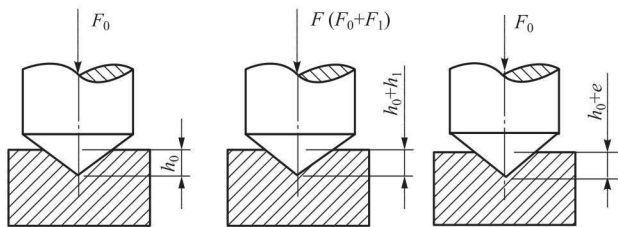


图 1-2 洛氏硬度测定原理

洛氏硬度试验法的操作迅速简便,测试范围较大,压痕较小,可以直接测定成品零件的硬度。但压痕较小容易受到工件材质不均匀的影响,单次测量的准确度较差,故须在不同部位重复测量三点以上,取多次测量的平均值作为被测工件的洛氏硬度值,且允许该硬度值有一定的波动范围,如 $40\sim 45$ HRC等。

4. 冲击韧度

金属材料受冲击载荷作用,在断裂前吸收变形能量抵抗破坏的能力,称作冲击韧性。冲击韧性的常用指标为冲击韧度。

冲击韧度(α_k)是指材料在冲击载荷作用下抵抗断裂破坏的能力, α_k 的数值常用摆锤式冲击试验机测定,单位为 J/cm^2 。一般将 α_k 值低的材料称为脆性材料, α_k 值高的材料称为韧性材料。

韧性材料在断裂前有明显的塑性变形,断口呈纤维状,无光泽;脆性材料在断裂前无明显的塑性变形,断口较平整,呈晶状或瓷状,有金属光泽。工作中受冲击载荷作用的零件,如锻锤的锻杆、锻模,内燃机的连杆等,应按冲击韧度值 α_k 进行设计计算。

5. 疲劳强度

曲轴、连杆、齿轮、弹簧等交变载荷作用下工作的机械零件,即使所受应力大大低于材料的强度极限,经较长时间工作后也容易发生断裂,这种断裂现象称为疲劳破坏。材料承受无数次循环交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力,称为疲劳强度。疲劳强度以 σ_{-1} 来表示,疲劳强度也是材料重要的强度指标之一。

1.1.3 金属材料的其他性能

在机械设计与制造中,金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能也都具有重要的意义,同样需要高度重视。

1. 物理性能

金属材料的物理性能包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。在制造航空航天机械零件时,主要采用密度较小的轻金属;在制造锅炉管道或加热炉底板等零件时,需要选用熔点较高的金属;用于制造变阻器电阻丝的材料要求其电阻率较大,制造导线和电缆则要求材料的导电性能优良,等等。

2. 化学性能

金属材料的化学性能,主要是指其抵抗活泼介质化学侵蚀的能力,包括耐蚀性、耐酸碱性和抗高温腐蚀性等。

耐蚀性是指金属材料在常温下抵抗大气、水、水蒸气等介质侵蚀的能力。为了提高零件表面的耐蚀性,工程上常常采用表面镀层、涂刷油漆、发蓝处理等方法,对零件和金属制品的表面进行保护。有些零件,甚至采用不锈钢制造,以抵抗腐蚀性环境的侵蚀。

耐酸碱性的指的是金属抵抗酸碱侵蚀的能力。设计制造化工、石油等工程机械设备时,需要选用耐酸钢,以抵抗酸、碱、盐等化学介质的侵蚀。

耐热性是指金属材料在高温下能保持足够强度并能抵抗氧或其他介质侵蚀的能力。锅炉、汽轮机等在高温条件下工作的机械设备,其受热结构及受热零件必须采用耐热钢制造,以适应高温工作环境的需要。

3. 工艺性能

金属材料的工艺性能是指材料在加工过程中是否易于被加工成零件的性质。工艺性能主要有铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能与热处理性能等。材料的工艺性能与材料的化学成分、内部组织及加工条件有关,它们是材料的力学性能、物理性能和化学性能在加工过程中的综合表现。金属材料工艺性能的优劣不仅影响产品的生产效率

和成本,而且影响产品的质量和使用。

铸造成形的零件,要求所选用金属材料的铸造性能良好,能够使液态金属顺利地充满铸型,得到尺寸准确、轮廓清晰、力学性能合格的铸件,并且能够减少和避免产生应力、变形、裂纹、缩孔、气孔、化学成分偏析、内部组织不均匀等缺陷,以提高铸件的使用可靠性。

锻压成形的零件应该选用锻造性能良好的金属材料,即要求材料的塑性好、变形抗力小,可锻温度范围较宽,锻压成形时不易产生裂纹,易于获得高质量的锻件。

焊接件主要是应该获得优质的焊接接头。焊接性能良好的金属,其焊接接头强度高,焊缝及焊缝邻近部位不易产生过大的焊接应力而引起变形与裂纹,焊缝中也不易出现气孔、夹渣与其他焊接缺陷。

需要进行表面切削加工的零件,要求材料的切削加工性能良好,即切削时的能耗低、对刀具的磨损小,加工表面光洁,切屑排除容易、加工面的表面质量高,并且刀具寿命长,切削工效高。

需要进行热处理的零件,要求材料具有良好的热处理性能,即经过热处理之后金属零件必须是内部晶粒细小、组织均匀、性能合格,尽量避免出现过大的热处理应力,防止产生变形与开裂等缺陷。

1.2 金属材料的现场鉴别

金属材料的来源丰富,并具有优良的使用性能和加工性能,是机械工程中普遍应用的材料。在金属材料中,应用最为广泛的是铸铁和钢,它们都是以铁和碳为基本组成元素的铁碳合金,其中:含碳量为 $0.021\ 8\%\sim 2.11\%$ 的称为钢,含碳量大于 2.11% 的称为铸铁。

金属材料的现场鉴别方法有多种,可根据金属材料的颜色、光泽、硬度、比重等特性来进行判断。例如在有色金属中,纯铜为紫红色,铜合金为黄青色,铝及铝合金为银白色;铅锡合金的比重较大,铝合金的比重较小,等等。在黑色金属中,现场鉴别钢铁材料的方法更有很多,其中最简易的方法是火花鉴别法和色标鉴别法等。

1.2.1 火花鉴别法

火花鉴别法是将钢铁材料轻轻压在高速旋转的砂轮机上进行打磨,观察迸射出的火花形态与颜色,通过目测判断钢铁成分大致范围的一种简易方法。

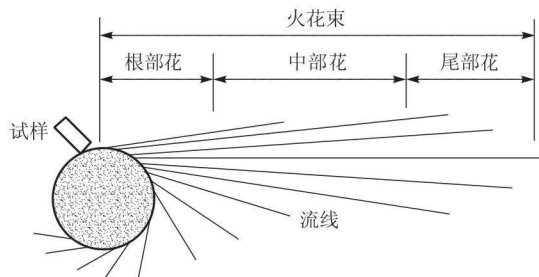


图 1-3 火花的形成

1. 火花的形成

火花的形成如图 1-3 所示:钢材在砂轮机上打磨时,摩擦产生的高热使磨削部位迅速发红变亮,灼热的磨屑沿切线方向迸射飞出形成火花;无数火花构成火花束;仔细观察,火花束可分为根部花、中部花、尾部花三部分。

2. 火花束的组成要素

火花束的组成要素如图 1-4 所示:由灼

热磨屑形成的线条状火花称为流线；流线在飞行途中爆炸生成稍粗的亮点称为节点；节点爆裂时所迸射出的细线条称为芒线；芒线附近的许多呈现明亮的小点称为花粉。若干条芒线组成的放射状火花称为节花，节花可分为一次花、二次花、三次花等。流线尾部出现的火花称为尾花，由于钢材的化学成分不同，尾花的形态也各不相同，主要有苞状尾花、狐尾状尾花、菊状尾花、羽状尾花等多种，如图1-5所示。

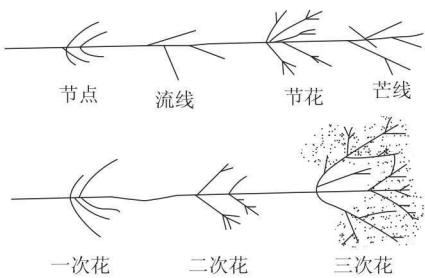


图 1-4 火花束的组成要素

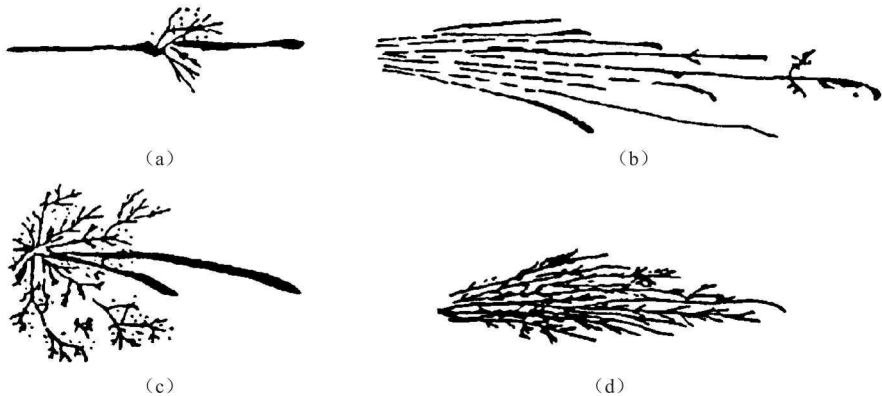


图 1-5 各种尾花的形态

(a) 苞状尾花；(b) 狐尾状尾花；(c) 菊状尾花；(d) 羽状尾花

3. 常用钢铁材料的火花特征

通常情况下，碳素钢的含碳量增高，则流线加多，火花束变短，爆花与花粉增多，火花亮度增强，手感变硬。例如：20 钢磨削时手感较软火花束较长，颜色草黄带红，流线略呈弧形，芒线稍粗形成一次爆花，其火花如图 1-6（a）所示；45 钢的火花束稍短，颜色橙黄略显明亮，流线较细较长且多在流线尾端附近爆裂分叉，呈多叉状二次花爆裂，花粉较多，磨削时手感反抗力稍硬，其火花如图 1-6（b）所示；T10 钢的火花束粗短，颜色暗红，流线细密量多，爆花为多次爆裂，爆花量多并重叠，有碎花和大量花粉，磨削时手感较硬，其火花如图 1-6（c）所示；灰口铸铁的火花束短而细，流线呈暗橙红色，尾部渐粗，下垂成弧形，呈羽毛状尾花，有少量二次爆花，磨削时手感较软，其火花如图1-6（d）所示；高速钢 W18Cr4V 的火花束细长，流线数量少，无火花爆裂，色泽暗红，根部和中部为断续流线，呈狐尾状尾花，磨削时手感较硬，其火花如图 1-6（e）所示。

1.2.2 色标鉴别法

生产现场为了避免差错，在管理钢材和使用钢材时可以在材料上做一定的识别标记。常用的标记方法有：涂色法、打印法、挂牌法等。金属材料的涂色标记法，是在成捆交货状态的钢材同一端的端面上，或在小直径圆钢盘卷外侧的某一部位上，按标准规定涂刷某种颜色的油漆作为标记，以便于钢材的分类标识。表 1-1 为部分钢号的涂色标记规定，在生产中，

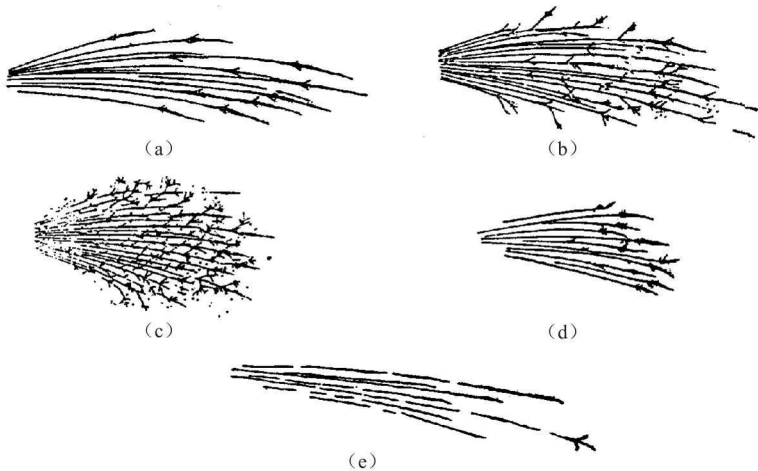


图 1-6 五种钢铁材料的火花特征
(a) 20 钢; (b) 45 钢; (c) T10 钢; (d) 灰铸铁; (e) W18Cr4V

可以根据材料的色标对钢铁材料进行鉴别。

表 1-1 部分钢号的涂色标记

材料种类	牌号	标 记	材料种类	牌号	标 记
碳素结构钢	Q235	红色	合金结构钢	20CrMnTi	黄色+黑色
优质碳素结构钢	45	白色+棕色		42CrMo	绿色+紫色
	60Mn	绿色三条	铬轴承钢	GCr15	蓝色一条
高速钢	W18Cr4V	棕色一条+蓝色一条	不锈钢	0Cr19Ni9	铝色+绿色

1.2.3 断口鉴别法

因受物理、化学、机械因素的影响导致材料或零部件破断所形成的断裂面称为断口。生产现场可根据断口的自然形态来判定材料的韧脆性，也可以据此推测判定相同热处理状态的材料含碳量的高低。例如：若断口呈纤维状，颜色发暗，无金属光泽，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，其含碳量较低；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，断口呈亮灰色，具有绸缎光泽，类似于细瓷器的断口特征。

1.2.4 音响鉴别法

在生产现场，有时也可采用敲击辨音的方法来区分材料。例如，当原材料钢中混入铸铁材料时，由于铸铁的减振性较好，敲击时发出的声音较沉闷，而钢材敲击时发出的声音较清脆，我们可根据敲击钢铁时听到的声音不同，对其进行初步鉴别，但这种方法有时准确性不高。因此，当多种钢材发生混淆时，敲击声音初步鉴别之后，常需采用其他方法进行最终

判别。

1.2.5 其他鉴别方法

若要准确地鉴别材料的种类与牌号,在上述现场鉴别方法的基础上,还可采用化学分析、金相检验、硬度试验等实验室分析手段,对金属材料进行进一步的准确鉴别。

1.3 金属热处理方法

金属热处理是将金属材料在固态下进行加热、保温和快速冷却,通过改变金属的内部组织,从而获得金属所需性能的一种工艺方法。最常用的热处理方法有退火、正火、淬火、回火等,还有表面淬火、化学热处理(渗碳、渗氮、碳氮共渗)等。

在机械制造中,热处理是一种非常重要的工艺手段:切削加工之前对毛坯材料进行预备热处理,可以改善工件的切削加工性能,提高切削效率,明显改善加工质量;切削加工之后根据图纸对工件进行最终热处理,可以提高零件的硬度,改善零件的耐磨性,消除内应力稳定零件的形状和尺寸,使零件达到图纸规定的使用性能指标。所以,热处理是现代机械制造中改善加工条件、保证产品质量、节约能源、节省材料的一项极为重要的工艺措施。

常用热处理方法的工艺过程如图 1-7 所示,图中显示可以通过控制加热温度、保温时间、冷却速度等工艺参数,来调整热处理后的金属材料内部组织的结构与力学性能,改善材料的切削加工工艺性能。

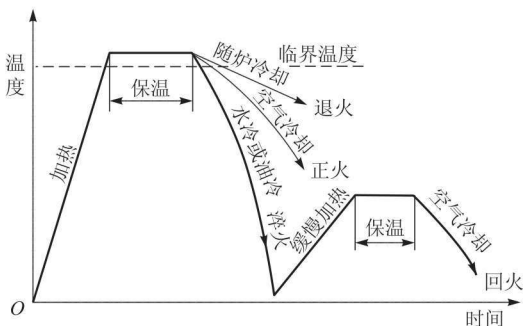


图 1-7 常用热处理方法的工艺过程

1.3.1 退火与正火

1. 退火

将钢材加热到 $800\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围并保温一段时间,然后随炉缓慢冷却的热处理工艺称为退火。退火后的钢件内部晶粒细小,组织均匀,降低了硬度和消除了应力,切削加工性能得到改善,主要适用于含碳量较高的碳钢和各类合金钢。

有时为了消除内应力,防止材料变形和开裂,可将工件加热到 $600\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温一段时间后缓慢冷却,这称为去应力退火(低温退火)。

通常情况下,退火时的冷却速度十分缓慢,所需时间很长,故生产效率很低。

2. 正火

正火是将工件加热到 $800\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围并保温一段时间,然后从炉中取出置于干燥空气中冷却的热处理工艺。在实际生产中,材料正火的目的与退火相似,但正火时的冷却速度较快,不仅生产效率较高,而且正火后钢材的组织更为细小致密,硬度更适合于切削加工。所以,正火广泛用作改善切削加工性能的钢材预备热处理。对于普通要求的机械零件,有时也可以将正火作为达到最终使用性能的热处理工艺。

1.3.2 淬火与回火

1. 淬火

淬火是将工件加热到 $780\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 880\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并保温一段时间, 然后投入水中或油中急速冷却的热处理工艺。淬火之后, 材料的内部组织发生了变化, 工件的硬度和耐磨性提高, 但塑性和韧性下降, 脆性加大, 并产生了较大的内应力, 因此必须及时进行回火处理, 以消除内应力, 防止工件变形开裂。

淬火时常用的冷却介质为水和矿物油。水是最便宜而且冷却能力很强的一种冷却介质, 主要用于一般碳钢零件的淬火。如果在水中加盐, 则其冷却能力可以进一步提高, 这对于一些大尺寸碳钢件的淬火冷却有益。油的冷却能力比水低, 工件在油中淬火时的冷却速度较慢, 因此可避免出现淬火开裂缺陷, 适宜于合金钢零件淬火使用。

2. 回火

将淬火后的工件再次加热, 在一定温度下保温一段时间 ($2 \sim 4\text{ h}$), 然后缓慢冷却到室温, 称为回火。钢材淬火后必须尽快回火, 回火的目的, 在于减小和消除淬火工件的残余应力, 防止工件开裂和变形, 调整工件的力学性能, 使零件达到图纸规定的技术要求。

根据回火时的加热温度不同, 回火可分为低温回火、中温回火和高温回火三种。

1) 低温回火 淬火后的工件在 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下回火, 称为低温回火。低温回火可以部分消除淬火应力与脆性, 使工件保持淬火后的高硬度与高耐磨性, 适用于硬度要求较高、耐磨性较好的刀具、量具、模具等零件。淬火钢低温回火后的硬度可达 $58 \sim 62\text{ HRC}$ 。

2) 中温回火 淬火后的工件在 $350\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下回火, 称为中温回火。中温回火可以基本上消除淬火之后的残余应力与脆性, 使零件获得较高的强度与较好的韧性, 而且弹性良好, 主要用于弹簧和各种弹性零件的热处理。淬火钢中温回火后的硬度一般为 $35 \sim 45\text{ HRC}$ 。

3) 高温回火 淬火后的工件在 $500\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下回火, 称为高温回火。高温回火可以完全消除淬火应力与脆性, 使零件获得良好的综合力学性能。在生产中, 习惯把“淬火+高温回火”的热处理工艺称为“调质”, 调质广泛应用于齿轮、主轴、连杆等重要机械零件切削加工之前的预备热处理。中碳钢调质后的硬度约为 $25 \sim 35\text{ HRC}$ 。

3. 回火脆性

淬火钢回火时, 随着回火温度的提高, 通常其强度、硬度降低, 塑性、韧性提高。但淬火钢在 $250\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内回火时, 钢的冲击韧度反而显著降低, 这种现象称为第一类回火脆性, 它是不可逆的, 故钢件应尽量避免在 $250\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内回火。

1.3.3 表面热处理

有些机器零件(如齿轮、链轮、主轴等)要求整体强度和韧性较好、表面硬度与耐磨性较高, 这时可采用表面热处理的方法来达到。机械制造中广泛应用的表面热处理方法有表面淬火和化学热处理两种。

1. 表面淬火

表面淬火是采用氧气—乙炔高温火焰加热, 或采用感应加热的方法, 将工件表面迅速加