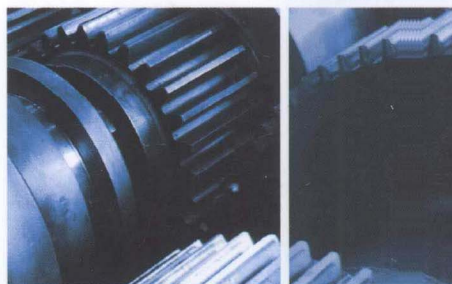


普通高等院校工程实践系列规划教材

工程训练与创新

杨钢 主编



科学出版社

普通高等院校工程实践系列规划教材

工程训练与创新

主 编 杨 钢

副主编 罗天洪 李 敏

参 编 王正伦 潘雪娇 苗长斌

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是以教育部工程训练教学指导委员会的最新指导精神和教育部颁发的“金工实习教学基本要求”为指导,并结合作者和各院校多年的教学经验编写而成。

全书由切削加工基础与普通加工、数控加工、材料成形、特种加工与产品探伤四篇,共20章组成,基本涵盖了工程训练和金工实习教学的所有内容。

本书可作为高等学校本科机械类、近机械类和非机械类专业的工程训练教材,也可作为专科和高职院校的金工实习教材,各学校在使用本书时可根据各专业和自身设备情况进行调整。本书还可供工程技术人员和技术工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练与创新/杨钢主编. —北京: 科学出版社, 2015.1

普通高等院校工程实践系列规划教材

ISBN 978-7-03-042835-6

I. ①工… II. ①杨… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第一版 开本: 787×1092 1/16

2015年1月第一次印刷 印张: 23 1/2

字数: 557 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315

前 言

“教育回归工程，教学回归实践”已成为国际高等工程教育改革发展的共识，各国都在探索符合自身国情的改革道路和对策。

工程训练中心是以综合性为特点的工程实践性教学基地，工程训练是高校工程人才培养的重要实践教学环节，是给大学生以工程实践、工业制造和工程文化教育与体验的场所，具有实用性、综合性、开放性和广阔性。2013年5月，我国教育部正式组建高校工程训练教学指导委员会，这意味着工程训练在高校教育教学活动中已具有与理论教学同等重要的地位。

为了适应科学技术的发展和由传统的金工实习向工程训练转换，我们编写了本书。全书各章节除了编写必要的理论知识外，更加注重实践的安全操作与创新能力的培养，而且加强了各工种间的联系。

全书由切削加工基础与普通加工(工程材料基础、切削加工基础知识、车削加工、钳工及装配、铣削、刨削、磨削)、数控加工(数控车床、数控铣及加工中心)、材料成形(铸造、折弯机、液压机、冲压机、注塑机、焊接)、特种加工与产品探伤(线切割、数控电火花、激光加工、三维扫描与快速成形技术、产品检测与探伤)四篇共20章组成，有助于学生建立大工程意识和理论与实践知识的融合。

本书的第1~10章、第17章由重庆交通大学杨钢编写，第11~16章由重庆交通大学李敏编写，第19章由重庆交通大学王正伦编写，第18、20章由重庆交通大学罗天洪、苗长斌编写。杨钢任主编，罗天洪、李敏任副主编，全书由杨钢负责统稿和定稿，潘雪娇负责校对。

本书引用了部分优秀教材的一些内容，在此表示衷心感谢。由于编者的经验和水平有限，书中难免有欠妥之处，恳请广大读者批评指正，以便再版时修改和完善。

编 者

2014年10月

目 录

第一篇 切削加工基础与普通加工

| | |
|--------------------|-----|
| 第 1 章 工程材料基础 | 1 |
| 1.1 常用金属材料及其性能简介 | 1 |
| 1.2 钢的热处理简介 | 4 |
| 第 2 章 切削加工基础知识 | 7 |
| 2.1 切削加工概述 | 7 |
| 2.2 切削加工的基本术语和定义 | 7 |
| 2.3 刀具材料 | 9 |
| 2.4 常用量具 | 10 |
| 2.5 零件机械加工流程 | 25 |
| 2.6 切削加工质量评价 | 25 |
| 第 3 章 车削加工 | 27 |
| 3.1 车工概述 | 27 |
| 3.2 车床的基本操作方法与注意事项 | 31 |
| 3.3 车工的常见装夹方法与主要附件 | 38 |
| 3.4 车削加工的常用方法与操作技巧 | 45 |
| 3.5 车工技能综合训练 | 58 |
| 3.6 车工创新训练 | 61 |
| 3.7 普通车工安全操作规范 | 62 |
| 第 4 章 钳工及装配 | 63 |
| 4.1 钳工基本知识 | 63 |
| 4.2 划线 | 66 |
| 4.3 锯削与錾削 | 70 |
| 4.4 锉削 | 75 |
| 4.5 钻孔与攻丝 | 80 |
| 4.6 钳工装配 | 87 |
| 4.7 钳工技能综合训练 | 91 |
| 4.8 钳工创新训练 | 96 |
| 4.9 钳工安全操作规范 | 96 |
| 第 5 章 铣削 | 98 |
| 5.1 铣削加工的工作特点和基本内容 | 98 |
| 5.2 铣床基本知识 | 100 |
| 5.3 铣刀基本知识 | 105 |
| 5.4 铣床常用附件 | 106 |
| 5.5 铣削技能综合训练 | 109 |

| | | |
|------------|-------------|------------|
| 5.6 | 铣工创新训练 | 112 |
| 5.7 | 铣削安全操作规程 | 112 |
| 第6章 | 刨削 | 113 |
| 6.1 | 刨削基本知识 | 113 |
| 6.2 | 牛头刨床的操作与刨平面 | 117 |
| 6.3 | 刨削技能综合练习 | 119 |
| 6.4 | 刨工创新训练 | 122 |
| 6.5 | 刨削安全操作规程 | 122 |
| 第7章 | 磨削 | 123 |
| 7.1 | 概述 | 123 |
| 7.2 | 磨外圆 | 128 |
| 7.3 | 磨平面 | 130 |
| 7.4 | 磨床安全操作规范 | 133 |

第二篇 数控加工

| | | |
|------------|------------------------|------------|
| 第8章 | 数控车床 | 134 |
| 8.1 | 数控车削概述 | 134 |
| 8.2 | 数控车床编程基础 | 137 |
| 8.3 | 数控车床工艺基础 | 143 |
| 8.4 | 华中数控系统(HNC-21T)介绍 | 148 |
| 8.5 | 典型数控车床零件工艺分析及编程 | 164 |
| 8.6 | 数控车工创新训练 | 169 |
| 8.7 | 数控车床安全技术操作规程 | 169 |
| 第9章 | 数控铣及加工中心 | 170 |
| 9.1 | 数控铣及加工中心生产工艺过程、特点和加工范围 | 170 |
| 9.2 | 数控系统及编程基础 | 179 |
| 9.3 | 数控铣削加工工艺的制订 | 182 |
| 9.4 | 数控铣床及加工中心基本操作 | 194 |
| 9.5 | 典型零件的数控铣削加工工艺分析 | 200 |
| 9.6 | 数控铣工创新训练 | 202 |
| 9.7 | 数控铣床安全技术操作规程 | 203 |

第三篇 材料成形

| | | |
|-------------|------------|------------|
| 第10章 | 铸造 | 204 |
| 10.1 | 铸造概述 | 204 |
| 10.2 | 砂型铸造 | 205 |
| 10.3 | 铸造合金的熔炼与浇注 | 213 |
| 10.4 | 铸件的落砂与清理 | 214 |
| 10.5 | 常见铸造缺陷及分析 | 215 |
| 10.6 | 特种铸造 | 216 |

| | | |
|---------------|--------------|------------|
| 10.7 | 铸造生产的技术经济分析 | 218 |
| 10.8 | 铸造工安全技术操作规范 | 218 |
| 第 11 章 | 折弯机 | 219 |
| 11.1 | 折弯成形概述 | 219 |
| 11.2 | 折弯成形基础知识 | 219 |
| 11.3 | 数控折弯加工工艺的制订 | 223 |
| 11.4 | 数控折弯加工编程基础 | 227 |
| 11.5 | 数控折弯加工实例 | 229 |
| 11.6 | 折弯机安全操作规范 | 232 |
| 第 12 章 | 液压机 | 233 |
| 12.1 | 液压机概述 | 233 |
| 12.2 | 液压机的主要应用 | 233 |
| 12.3 | 液压机的类型及基本组成 | 234 |
| 12.4 | Y32-300 型液压机 | 236 |
| 12.5 | 液压机安全操作规范 | 240 |
| 第 13 章 | 冲压机 | 241 |
| 13.1 | 冲压机概述 | 241 |
| 13.2 | 冲压成形基础知识 | 241 |
| 13.3 | 冲压机加工工艺的制订 | 243 |
| 13.4 | 冲压机安全操作规范 | 248 |
| 第 14 章 | 注塑机 | 249 |
| 14.1 | 注塑机概述 | 249 |
| 14.2 | 注塑机操作面板介绍 | 251 |
| 14.3 | 注塑机操作界面及功能介绍 | 254 |
| 14.4 | 注塑机安全技术操作规程 | 261 |
| 第 15 章 | 焊接 | 263 |
| 15.1 | 概述 | 263 |
| 15.2 | 手工电弧焊 | 264 |
| 15.3 | 气焊 | 270 |
| 15.4 | 切割 | 273 |
| 15.5 | 其他焊接方法 | 275 |
| 15.6 | 焊接技术发展趋势 | 292 |
| 15.7 | 焊接缺陷 | 293 |
| 15.8 | 焊接创新训练 | 294 |
| 15.9 | 焊接安全技术操作规程 | 294 |


第四篇 特种加工与产品探伤


| | | |
|---------------|-------------------|------------|
| 第 16 章 | 线切割 | 296 |
| 16.1 | 线切割加工基本原理、特点及应用范围 | 296 |
| 16.2 | 线切割机床的型号与主要结构 | 297 |

| | | |
|---------------|--------------------|------------|
| 16.3 | 线切割机床操作要领 | 299 |
| 16.4 | 线切割机床操作及系统介绍 | 302 |
| 16.5 | 线切割创新训练 | 309 |
| 16.6 | 线切割训练安全技术操作规程 | 309 |
| 第 17 章 | 数控电火花 | 310 |
| 17.1 | 电火花成形加工的基本原理及工艺指标 | 310 |
| 17.2 | 电火花加工机床的操作与编程 | 315 |
| 17.3 | 数控电火花典型零件加工 | 322 |
| 17.4 | 电火花成形加工安全技术操作规程 | 323 |
| 第 18 章 | 激光加工 | 324 |
| 18.1 | 激光加工的基本原理、特点 | 324 |
| 18.2 | 激光加工的主要应用领域 | 325 |
| 18.3 | 激光加工的精度控制 | 327 |
| 18.4 | 激光加工的基本操作 | 328 |
| 18.5 | 激光切割机安全操作规程 | 329 |
| 第 19 章 | 三维扫描与快速成形技术 | 330 |
| 19.1 | 三维扫描技术 | 330 |
| 19.2 | 快速成形技术 | 335 |
| 19.3 | 快速成形创新训练 | 339 |
| 第 20 章 | 产品检测与探伤 | 340 |
| 20.1 | 产品检测与探伤概述 | 340 |
| 20.2 | 常用产品检测与探伤方法 | 343 |
| 20.3 | 其他产品检测与探伤方法 | 361 |
| | 参考文献 | 368 |

第一篇 切削加工基础与普通加工

第 1 章 工程材料基础

 **教学目的** 使读者对常用金属材料的基础知识有一定的掌握，为后续的理论学习和实训操作打下基础。

 **教学要求**

- (1) 了解常用金属材料的分类与性能。
- (2) 掌握常用碳素钢、合金钢、铸铁、有色金属的牌号和应用范围。
- (3) 掌握常用金属热处理的工艺与适用范围。

1.1 常用金属材料及其性能简介

材料是人类赖以生存和发展的物质基础。20 世纪 70 年代人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。80 年代以高技术群为代表的新技术革命，又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。这主要是因为材料与国民经济建设、国防建设和人民生活密切相关。材料除了具有重要性和普遍性，还具有多样性。由于材料多种多样，分类方法也就没有统一的标准。

机械加工工程所接触到的所有物质也都是由不同的材料组成的，因此，掌握材料的性质是加工制造的前提条件。由于材料的种类繁多，本节只简要介绍金属材料的性能。

1.1.1 常用工程材料的分类

按照化学成分的不同，工程材料可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类，如图 1.1 所示。随着科学技术的不断发展，非金属材料 and 复合材料的应用也更加广泛（特别是在航空、军事等领域），对于这两类材料的加工制造和工艺也是各国研究的重点。

1.1.2 金属材料的性能

金属材料的性能主要包括使用性能、工艺性能和经济性能，如图 1.2 所示。

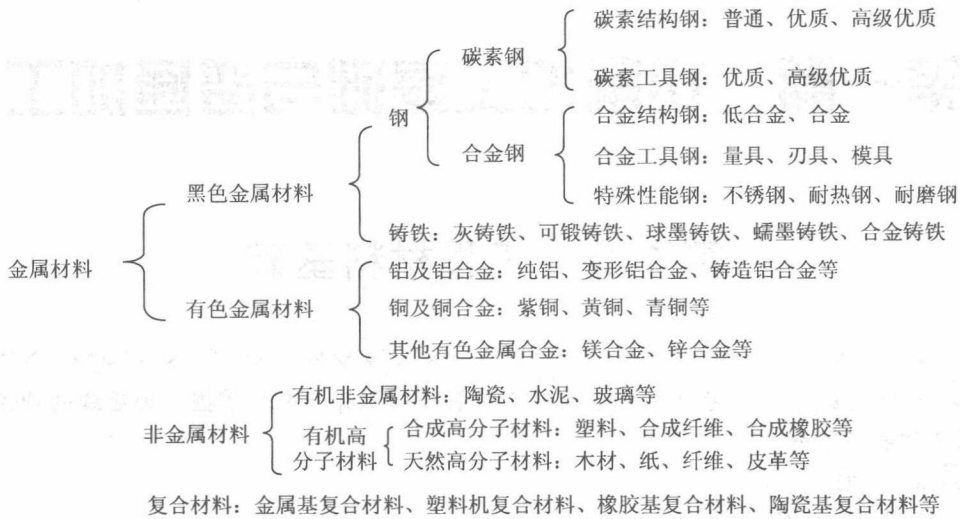


图 1.1 工程材料的分类

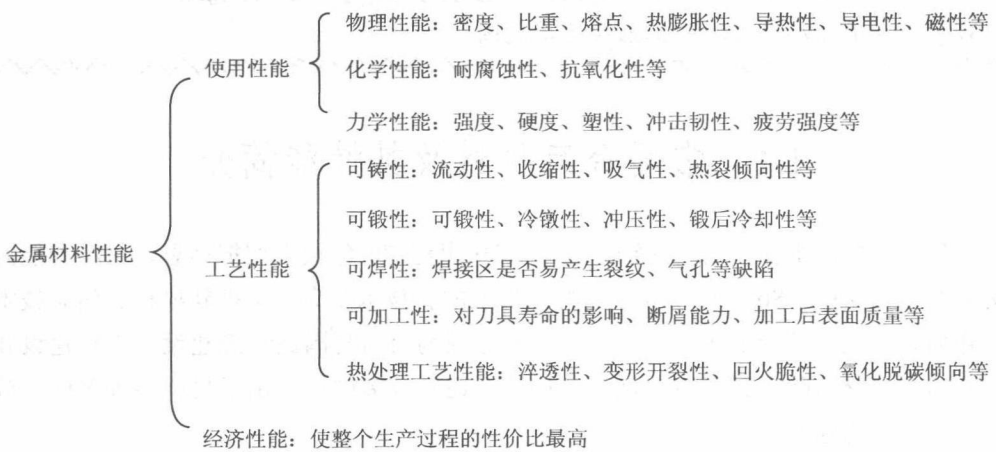


图 1.2 金属材料的性能

1.1.3 常用金属材料的牌号、应用及说明

1. 碳素钢

碳素钢是指碳的质量分数 $<2.11\%$ 的铁碳合金。碳钢的价格低廉、工艺性能良好、广泛应用于机械加工。常用碳素钢的牌号、主要特性和应用范围如表 1-1 所示。

表 1-1 常用碳素钢的牌号、主要特性和应用范围

| 名称 | 牌号 | 主要特性 | 应用举例 |
|-------|------|-------------------------------------|---|
| 碳素结构钢 | Q215 | 具有较高的韧性、塑性和焊接性能，以及良好的压力加工性能，但强度低 | 用于制造铆钉、垫圈、地脚螺栓、薄板、拉杆、烟筒等 |
| | Q235 | 具有高的韧性、塑性和焊接性能、冷冲压性能，以及一定的强度和好的冷弯性能 | 广泛应用于制造一般要求的零件和焊接件，如受力不大的拉杆、连杆、销、轴、螺钉、螺母、支架、基座等 |

续表

| 名称 | 牌号 | 主要特性 | 应用举例 |
|---------|-----------|---|---|
| 优质碳素结构钢 | 15 | 强度低, 塑性、韧性很好, 焊接性能优良, 无回火脆性。容易冷热加工成形, 脆透性很差, 正火或冷加工后切削性能好 | 用于制造机械上的受力不大, 形状简单, 但韧性要求较高或焊接性能较好的中小结构件、螺栓、螺钉、法兰盘等 |
| | 45 | 综合力学性能和切削性能均较好, 用于强度要求较高的重要零件 | 主要用于制造强度高的运动件, 如活塞、轴、齿轮、齿条、蜗杆、曲轴、传动轴、齿轮、连杆等 |
| 铸造碳钢 | ZG200-400 | 有良好的塑性、韧性和焊接性能、用于受力不大、要求韧性较好的各种机械零件 | 如机座、变速器壳等 |

2. 合金钢

所谓合金钢是指在优质碳素结构钢的基础上适当加入一种或几种合金元素(如硅、锰、铬、镍、钼、钒以及稀土元素等)炼制而成的钢种。合金钢具有屈服强度高、韧性和塑性好、淬透性好、耐腐蚀、耐低温、高磁性、高耐磨性等优点。常用合金钢的牌号、主要特性和应用范围如表 1-2 所示。

表 1-2 常用合金钢的牌号、主要特性和应用范围

| 牌号 | 主要特性 | 应用举例 |
|------------|---|--------------------------------------|
| 45MnB 等 | 可用来代替 40Cr、45Cr 钢, 制造较耐磨的中、小截面的调质件和高频淬火件 | 机床上的齿轮、曲轴齿轮、花键轴和套、钻床主轴等 |
| 40Gr | 调质后有良好的综合力学性能, 用于较重要的调质零件, 如在交变负荷下工作的零件、中等转速和中等负荷的零件、表面淬火后可用作负荷及耐磨性较高、而无很大冲击的零件。表面淬火硬度可达 48~55HRC | 齿轮、套筒、轴、曲轴、销、连杆螺钉、螺母、进气筒等 |
| 20CrMo | 强度高、韧性较高, 在 500℃ 以下有足够的高温强度, 焊接性能好 | 轴、活塞连杆等 |
| 42CrMo | 淬透性比 35CrMo 高, 调质后有较高的疲劳极限和抗多次冲击能力, 低温冲击韧性好, 表面淬火硬度可达 54~60HRC | 牵引用的大齿轮、增压器传动齿轮、发动机气缸、石油探井钻杆接头与打捞工具等 |

3. 铸铁

铸铁是一种以 Fe、C、Si 为基础的复杂多元合金, 其含碳量在 2.0%~4.0%。铸铁具有优良的铸造性、减振性和耐磨性, 且价格低廉, 在制造业使用相对广泛。铸铁的种类有灰铸铁、球墨铸铁和可锻铸铁三类, 常用铸铁的牌号、主要特性和应用范围如表 1-3 所示。

表 1-3 常用铸铁的牌号、主要特性和应用范围

| 名称 | 牌号 | 主要特性 | 应用举例 |
|------|--|---|--|
| 灰铸铁 | HT100 | 铸造性能好、工艺简单、铸造应力小、不用人工时效处理、减振性好 | 用于负荷低, 对摩擦和磨损无特殊要求的场合, 如外罩、手轮、支架等 |
| | HT200 | 强度、耐磨性、耐热性均较好, 铸造性能好, 需进行人工时效处理 | 用于承受较大应力(弯曲应力<29.4MPa), 摩擦面间单位应力<0.459MPa 条件下受磨损的零件, 如气缸、机床床身与床面、制动轮、联轴器盘、活塞环等 |
| 球墨铸铁 | QT400-15 QT400-18 | 焊接性和切削性能好, 常温下冲击韧性好, 脆性转变温度低 | 汽车、拖拉机轮毂, 驱动桥、离合器、差速器、减速器等的壳体。通用机械的 1.6~6.4MPa 气压阀门的阀体、阀盖, 压缩机上承受一定温度的高低压气缸、电动机机壳等 |
| | QT450-10 | 焊接性、切削性均较好, 韧性略低于 QT400-18, 强度和小能量冲击力优于 QT400-18 | |
| 可锻铸铁 | KTH300-06 | 黑心可锻铸铁强度高、韧性和塑性好, 抗冲击, 有一定耐腐蚀性, 切削性能好 | 管路配件(弯头、三通、管体)、中低压阀门、农机中一般零件等 |
| | KTZ450-06 KTZ550-4 KTZ650-02 KTZ700-2 | 珠光体可锻铸铁韧性较低、强度大、硬度高、耐磨性好。可替代中低碳钢, 低合金钢及有色合金等耐磨性和强度要求较高的零件 | 曲轴、传动箱体、凸轮轴、活塞环、梨刀、齿轮、连杆等 |

4. 有色金属

有色金属的种类繁多,虽然其产量和使用不及黑色金属,但是由于它具有某些特殊性能,现已成为工业生产中不可缺少的材料。常用有色金属的牌号、主要特性和应用范围如表 1-4 所示。

表 1-4 常用有色金属的牌号、主要特性和应用范围

| 名称 | 牌号 | 主要特性 | 应用范围 |
|-----|---------|---|---|
| 纯铜 | T1、T2 | 有良好的导电、导热、耐蚀和加工性能,可焊接和钎焊 | 电线、电缆、导电螺钉、化工用蒸发器、各种管道等 |
| 黄铜 | H62、H63 | 有良好的力学性能,热态下塑性良好,可加工性好,易钎焊和焊接,耐蚀,但易产生腐蚀裂纹,应用广泛 | 各种拉伸和和折弯的受力零件,如销钉、铆钉、螺母、导管、气压表弹簧、散热器零件等 |
| 铝合金 | 2A11 | 是应用最为广泛的一种硬铝,一般称为标准硬铝。它具有中等强度,在退火、刚淬火和热态下的可塑性较好,可热处理强化,在淬火和自然时效状态下使用,点焊焊接性能良好 | 用作各种中等强度的零件和构件,冲压的连接部件,如螺栓、铆钉等 |

1.2 钢的热处理简介

金属热处理是机械制造中的重要工艺之一,与其他加工工艺相比,热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分,而是通过改变工件内部的显微组织,或改变工件表面的化学成分,以使工件达到其相应的技术指标。

为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能,除合理选用材料和各种成形工艺外,热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料,钢铁显微组织复杂,可以通过热处理予以控制,所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外,铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学、物理和化学性能,以获得不同的使用性能。

热处理工艺一般包括加热、保温、冷却三个过程,有时只有加热和冷却两个过程。这些过程互相衔接,不可间断。

加热是热处理的重要工序之一,加热温度则是其中的重要工艺参数之一,选择和控制加热温度,是保证热处理质量的主要问题。加热温度随被处理的金属材料 and 热处理的目的不同而异,但一般都是加热到相变温度以上,以获得高温组织。

为保证显微组织转变完全,当金属工件表面达到要求的加热温度时,还须在此温度保持一定时间,使内外温度一致,这段时间称为保温时间。当采用高能密度加热和表面热处理时,加热速度极快,一般就没有保温时间,而化学热处理的保温时间往往较长。

冷却也是热处理工艺过程中不可缺少的步骤,冷却方法因工艺不同而不同,主要是控制冷却速度。

金属热处理工艺大体可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理三大类。根据加热介质、加热温度和冷却方法的不同,每一大类又可分为若干不同的热处理工艺。同一种金属采用不同的热处理工艺,可获得不同的组织,从而具有不同的性能。钢铁是工业上应用最广的金属,而且钢铁显微组织也最为复杂,因此钢铁热处理工艺种类繁多。

1.2.1 整体热处理

整体热处理是对工件整体加热,然后以适当的速度冷却,获得需要的金相组织,以改变

其整体力学性能的金属热处理工艺。钢铁整体热处理大致有退火、正火、淬火和回火四种基本工艺。

1. 退火

退火是将工件加热到适当温度(相变或不相变),保温后缓慢冷却,目的是消除应力,降低硬度,获得良好的工艺性能和使用性能,或者为进一步淬火做好组织准备。

退火的方式较多,如扩散退火、完全退火、不完全退火、等温退火、球化退火、去应力退火、锻后余热等温退火等。

2. 正火

正火是将工件加热至 A_{c3} 或 $A_{cm}+40\sim 60^{\circ}\text{C}$,保温一定时间,达到奥氏体化和均匀化后在自然流通的空气中均匀冷却的方式。正火能调整钢件的硬度、细化组织及消除网状碳化物,并为淬火做好组织准备。正火常用于改善材料的切削性能,也有时作为一些要求不高的零件的最终热处理。

3. 淬火

淬火是将工件加热至 A_{c3} 或 $A_{c1}+20\sim 30^{\circ}\text{C}$,保温一定时间后,在水、油或其他无机盐、有机水溶液等淬火介质中快速冷却,以获得均匀细小的马氏体组织和粒状渗碳体混合组织。淬火可提高钢件硬度和耐磨性,但同时也会变脆,因此,一般淬火后要经中温或高温回火,以获得良好的综合力学性能。

淬火的方式一般有单液淬火、双液淬火、分级淬火、等温淬火等。

4. 回火

回火是将淬火后的钢件重新加热至 A_{c1} 以下某一温度,保温一定时间,再进行冷却的工艺。回火具有降低钢件脆性、消除内应力、减少工件的变形和开裂、提高塑性和韧性、稳定工件尺寸的作用。

回火的方式有低温回火、中温回火和高温回火三种。

退火、正火、淬火、回火是整体热处理中的“四把火”,随着加热温度和冷却方式的不同,又演变出不同的热处理工艺,读者可查阅相关资料。

1.2.2 表面热处理

表面热处理是仅对工件表面进行热处理,以改变其组织和性能的热处理工艺。其中表面淬火应用最为广泛。

表面淬火是通过加热感应线圈使工件表面迅速加热升温到临界温度以上,然后快速冷却的热处理工艺。表面淬火只改变工件表层一定深度的组织和性能,并未改变表层与心部的化学成分,因此,对于需要表面具有较高硬度和耐磨性、心部要求具有足够塑性和韧性的零件就需要用表面淬火工艺,如凸轮轴、曲轴、床身导轨等。

按照加热方式的不同,表面淬火主要有感应加热表面淬火、火焰加热表面淬火和激光加热表面淬火等。

1. 感应加热表面淬火

利用感应电流使零件表面在交变磁场中产生感应电流和集肤效应,以涡流形式将零件表面快速加热,而后急冷的淬火方法。根据感应电流的使用频率不同,可以分为超高频(27MHz)、高频(200~250kHz)、中频(2500~8000Hz)和工频(50Hz)四种方式。

感应加热表面淬火的特点是:

(1)加热速度快,热效率高。

(2) 零件表面氧化脱碳少, 与其他热处理相比, 废品率极低。

(3) 零件脆性小, 表面的硬度高, 心部能保持较好的塑性和韧性, 同时还能提高零件的力学性能。

(4) 不仅应用于零件的表面淬火, 还可以用于零件的内孔淬火。

(5) 生产过程清洁、无高温、设备紧凑、占地面积小、使用简单、劳动条件好。

2. 火焰加热表面淬火

利用氧-乙炔气体或可燃气体(天然气、石油气、焦炉煤气等)以一定比例混合进行燃烧, 形成强烈的高温火焰, 将零件迅速加热至淬火温度, 然后急速冷却(用水或乳化液做冷却介质)的工艺。

火焰加热表面淬火的特点是:

(1) 设备简单、使用方便、加工零件的大小不受限制。

(2) 加热温度高、加热快、零件表面容易过热、适用于处理硬化层较浅的零件。

(3) 表面温度不宜控制, 表面硬化层深度不易控制。

3. 渗碳

将工件置入具有活性渗碳介质中, 加热到 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ 的单相奥氏体区, 保温足够时间后, 使渗碳介质中分解出的活性碳原子渗入钢件表层, 从而获得表层高碳心部仍保持原有成分的化学热处理工艺。


渗碳工件的材料一般为低碳钢或低碳合金钢(含碳量 $<0.25\%$)。渗碳后钢件表面的化学成分可接近高碳钢。工件渗碳后还要经过淬火, 以得到高的表面硬度、高的耐磨性和疲劳强度, 并保持心部有低碳钢淬火后的强韧性, 使工件能承受冲击载荷。渗碳工艺广泛用于飞机、汽车和拖拉机等机械零件, 如齿轮、轴、凸轮轴等。


按含碳介质的不同, 渗碳可分为气体渗碳、固体渗碳、液体渗碳和碳氮共渗(氰化)。

4. 渗氮

渗氮是在一定温度下将零件置于渗氮介质中加热、保温, 使活性氮原子渗入零件表层的化学热处理工艺。零件渗氮后表面形成氮化层, 氮化后不需要淬火, 钢件的表面层硬度高达 $950\sim 1200\text{HV}$, 并能在 $560\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的工作环境下不降低, 因此, 具有很好的热稳定性、高的抗疲劳和耐腐蚀性, 广泛应用于精密零件的最终热处理, 如各类主轴、丝杆、曲轴、齿轮和量具等。

第2章 切削加工基础知识

 **教学目的** 使读者对切削加工的基础知识有一定的掌握,为后续的理论学习和实训操作打下基础。

 **教学要求**

- (1) 了解切削加工的分类。
- (2) 掌握切削运动的作用和切削三要素对加工的影响。
- (3) 了解制造刀具的常用材料和各类刀具材料的适用范围。
- (4) 了解各类量具的应用场合和正确使用与保养常规量具的方法。
- (5) 了解机械加工的常规流程。

2.1 切削加工概述

所谓切削加工是指用比工件更硬的刀具将工件多余的材料去除并达到预期技术要求的过程。

零件的形状、材料和技术要求的多样性,使得切削加工过程所需要的机床、刀具、夹具、量具、辅具和各类工具都相当繁杂,因此,如何利用自身掌握的资源合理安排切削加工过程,以获得较高的性价比,将是参与切削加工过程所有人员的主要工作。

传统切削加工可分为机械加工和钳工两大类。所谓机械加工是指利用机床产生的切削力使得机床上工件和刀具进行相对运动从而达到加工目的的过程。钳工则是由人工利用各类工具(锉刀、锯条等)对零件进行加工的过程。随着现代加工技术的不断发展和自动化程度的不断提高,除切削加工的手段不断增多,其特种加工技术(利用各种能量,如电能、激光、等离子、超声波等)也不断推陈出新,使得加工的手段和工艺更加广泛,机械加工(特别是钳工)的许多内容被取代。但钳工也具有它独有的优势(如成本低、操作方便、异形零件的单件加工、模具特殊型腔的打磨、产品的装配与修理等),尤其是一些掌握特殊技能的操作工人,其加工单件产品的质量和配合部位的精度会比机械加工更高,因此,钳工这个工种仍然具有强大的生命力。

到目前为止,切削加工仍占机械加工中的大部分,但随着特种加工技术的不断成熟和设备的不断普及,最终会逐渐取代切削加工的地位。

2.2 切削加工的基本术语和定义

2.2.1 切削运动

切削运动是机床上工件和刀具进行相对运动而达到加工的目的,因此,根据在切削加工过程所起的作用不同,可分为主运动和进给运动。常见机床的切削运动如图 2.1 所示。

1. 主运动

主运动是保证机床完成切削加工可能性的运动,它是最基本的运动。主运动在切削加工过程

的转速(速度)最高,消耗的功率也最大。通常主运动只有一个,如车床的主运动是工件的旋转运动,铣床的主运动是铣刀的旋转运动,但对于车铣复合机床等,其主运动的形式可以互换。

2. 进给运动

在主运动的前提下,为保证加工表面的连续可切削性所辅助的运动。由于零件表面的多样性,进给运动可以有一个或多个。例如,车床上有车刀沿工件的轴向和径向两个进给运动,但两个运动不能同时进行;数控铣床的进给运动通常有沿空间三个坐标的移动,而且数控系统能同时控制该三个轴沿空间轨迹的移动。

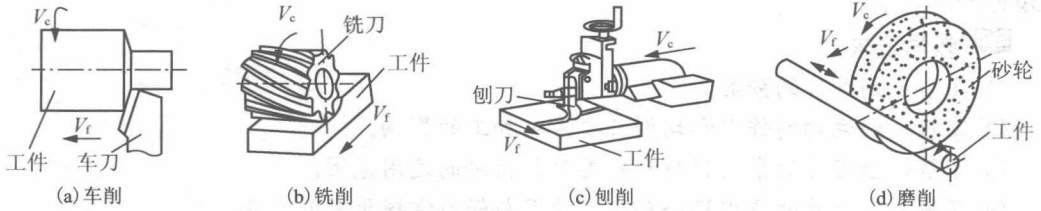


图 2.1 常见机床切削运动

2.2.2 切削过程中形成的三个表面

随着切削过程的连续进行,零件的表面上也会连续存在着三个不断变换的表面,如图 2.2 所示。

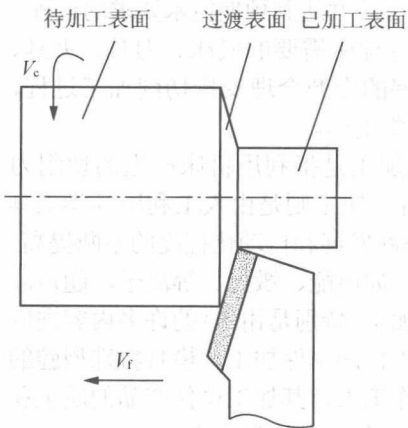


图 2.2 切削表面

- (1) 待加工表面: 零件上等待加工的表面。
- (2) 已加工表面: 零件上已经过刀具加工后形成的表面。
- (3) 过渡表面: 在当前刀具的主切削刃正在切削的零件所形成的轨迹表面。

2.2.3 切削用量

切削用量是指切削速度、进给量和背吃刀量三者的总称,也称为切削三要素。切削三要素的合理选择是保证切削加工顺利进行的首要条件,在实际生产过程由于加工零件的材料、热处理状态、加工性质、工艺状态和生产调度等多方面的因素变化,切削要素具有较大的不确定性,特别是不断涌现的新材料和新工艺。因此,作为一个合格的工艺人员或操作人员,如何适应上述变化,在制订工艺过程或加工过程选择较合理的切削要素,将是一个不断学习的过程。

如今,国内外的众多刀具生产厂家和研究机构对各种工艺环节下切削用量的合理选择做了大量的工作,读者可通过查阅各类资料获取相关信息,但对于一些特殊材料和新材料新工艺的切削用量仍然作为保密资料不会被相关国家或研究机构公开,因此,这还需要我们做出相当大的努力来完成此项工作,以使其发挥更大的经济效益。

1. 切削速度

切削速度是指刀具切削刃上选定点相对于零件待加工表面在主运动方向上的瞬时速度,用 v_c 表示。常用的单位有 m/s 或 m/min 。

当主运动为旋转运动时(如车削、铣削、磨削等),切削速度的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000 \times 60} (\text{m/s}) \quad \text{或} \quad v_c = \frac{\pi D n}{1000} (\text{m/min}) \quad (2-1)$$

当主运动为往复直线运动时(如刨床、插削、拉削等),切削速度的计算公式为

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1000 \times 60} (\text{m/s}) \quad \text{或} \quad v_c = \frac{2Ln_r}{1000} (\text{m/min}) \quad (2-2)$$

式中, D 为待加工表面直径或刀具切削刃的最大直径, mm; n 为工件或刀具的转速, r/min; L 为往复运动的行程长度, mm; n_r 为主运动每分钟往复的次数, str/min。

切削速度对加工质量的影响较大。在粗加工阶段,其切削加工的主要矛盾是用最短的时间将工件多余的毛坯去除,因此为保证刀具的耐用度和切削力对工艺系统的影响,往往取值较低;在精加工阶段,其切削加工的主要矛盾是保证加工质量(这里主要体现为表面粗糙度),因此,往往取较高值。

对于普通机床而言,主轴的转速在一个工步过程是保持不变的,因此为保证加工质量,其切削速度公式中的 D 往往取大值。但对于加工零件直径是连续变化的工件(如车床加工锥度、成形面、端面等),在确定切削速度后(即线速度恒定),随着直径的连续变化其主轴的转速也应随之变化,但普通机床不能达到此项功能。而对于数控机床(如配备伺服电机)则就具有恒线速功能(即在加工过程,在线速度恒定的情况下,主轴转速的变化是与工件直径呈反比的关系,即 $n = \frac{1000v_c}{\pi d}$),就其这一点功能上就比普通机床更胜一筹。

2. 进给量

进给量是指主运动在一个工作循环内,刀具与零件在进给方向上的相对位移量,用 f 表示。进给量常用单位有:当主运动为旋转运动(如车床)时,用每转进给量 mm/r 表示;当主运动为往复直线运动(如刨床)时,用每行程进给量 mm/str 表示;对于多齿刀具(如铣刀),用每齿进给量 mm/z 表示。

对于单位时间的进给量用进给速度 V_f 表示,常用单位有 mm/s 或 mm/min。

3. 背吃刀量

背吃刀量是指零件待加工表面与已加工表面间的垂直距离,用 a_p 表示。如车削外圆时的背吃刀量为

$$a_p = \frac{D-d}{2} (\text{mm}) \quad (2-3)$$

式中, D 为待加工表面直径; d 为已加工表面直径。

4. 切削三要素选择原则

粗加工阶段的主要矛盾是尽快地将零件多余的毛坯去除,因此,在工艺系统刚性允许的情况下,首选较大的背吃刀量,其次选择较大的进给量,最后选择较小的切削速度。精加工阶段的主要矛盾是保证加工质量,因此,在主轴转速和刀具允许的情况下,首选较高的切削速度,其次选择较低的进给量,最后选择较小的背吃刀量。

2.3 刀具材料

由前述可知,所有的切削加工过程都是由各种刀具(工具)参与加工的,因此,刀具的好坏直接关系到加工的质量和效率。对于刀具的选择主要考虑刀具的材料和几何角度。

2.3.1 刀具材料应具备的性能

在切削加工过程,刀具要承受切削区域的高温、高压和高的摩擦力以及来自工件或工艺系统的冲击振动等,因此,刀具应具备高硬度、足够的强度和韧性、良好的耐磨性、高耐热