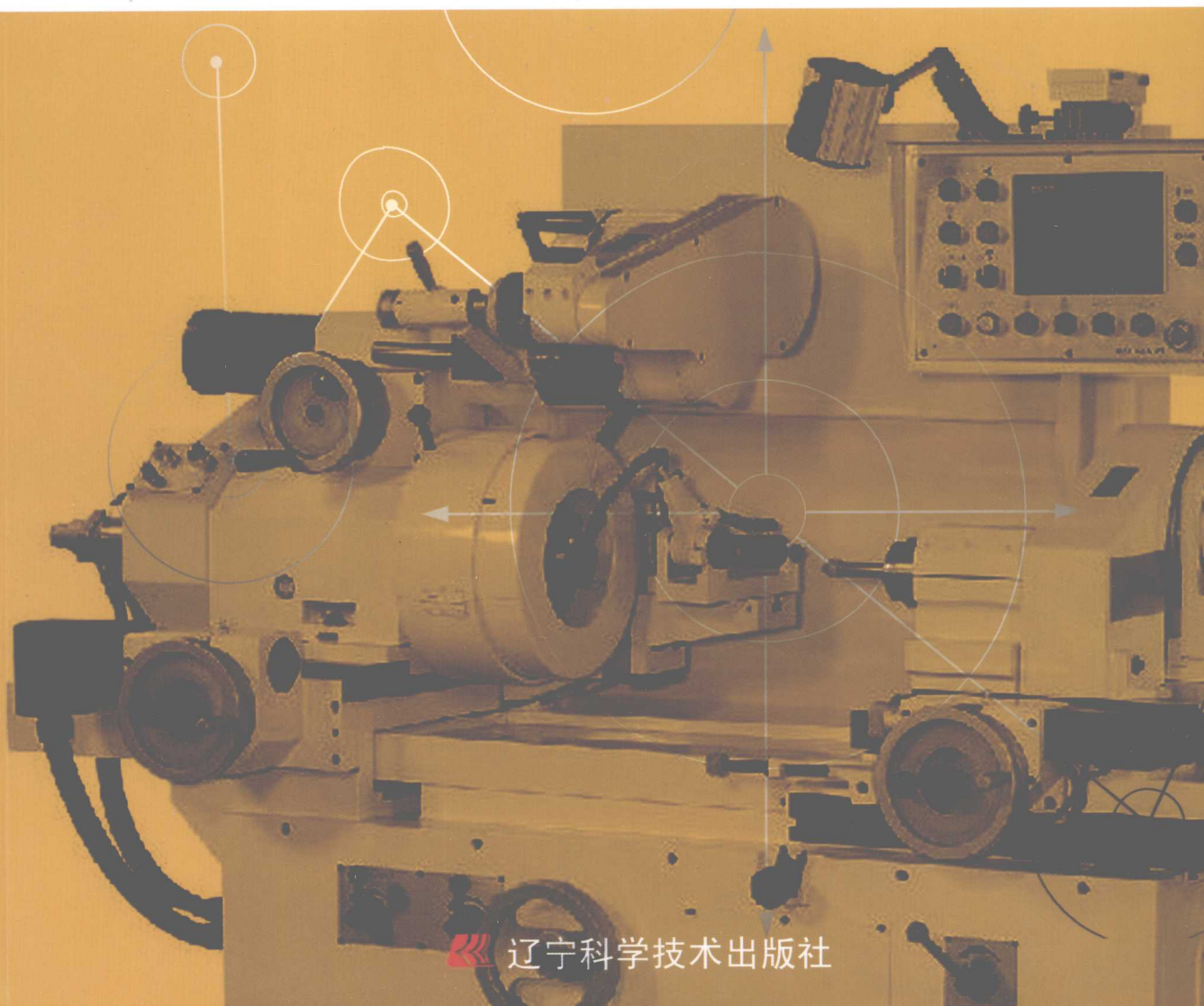


丛书主编 徐鸿本 李银怀
本书主编 曹甜东 盛永华

磨削工艺技术

切削工艺技术丛书



辽宁科学技术出版社

切削工艺技术丛书

磨削工艺技术

丛书主编 徐鸿本 李银怀

本书主编 曹甜东 盛永华

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

磨削工艺技术 / 曹甜东, 盛永华主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009. 4

(切削工艺技术丛书 / 徐鸿本, 李银怀主编)

ISBN 978-7-5381-5636-2

I. 磨… II. ①曹… ②盛… III. 磨削-工艺 IV. TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 156224 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 18

字 数: 380 千字

印 数: 1~4000

出版时间: 2009 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 宋纯智 楚 才

封面设计: 刘 枫

版式设计: 袁 舒

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-5636-2

定 价: 34.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

<http://www.lnkj.com.cn>

内 容 简 介

NEIRONG JIANJIE

本书着重阐明磨削加工的基本原理与工艺技术问题,主要包括:磨削基本原理,磨削工具,各种表面的磨削工艺,珩磨,高速磨削,精密、复杂件磨削,难磨材料的磨削以及数控磨削与编程等。

书中以多种典型实例对与磨削质量、生产率密切相关的技术问题进行分析,以利于读者的借鉴与运用。

本书是磨床操作者丰富工艺知识、提高磨削技能极具实用价值的读本,亦可作为培训磨床操作人员的教材,同时也是大、中专院校、职业技术学院机械类专业学生进行“工程实训”(金工实习)时的良好读物和从事机械加工工艺技术、管理以及“工程实训”指导人员的参考书。

当前,我国正由制造大国向制造强国迈进,“嫦娥一号”的胜利升空、“歼十战斗机”和“一万五千吨水压机”的研制成功等都是重要的标志。这些具有自主知识产权产品的问世,是创新设计和制造的成果。

进入 21 世纪以来,机械制造业有了新的进步与发展,从事机械加工各工种的操作人员日益增多。为适应工艺技术不断发展的需要,操作者的工艺、技能水平亟待提高。编写切削工艺技术丛书,是希望对他们在切削工艺理论、工艺和技能等方面的提高,有所裨益。本书注重理论联系实际和工艺分析,力求图文并茂,内容翔实,以便于读者的理解与运用。

《磨削工艺技术》是切削工艺技术丛书中的一册,本书由曹甜东(荆楚理工学院)、盛永华(番禺职业技术学院)主编,参加编写的人员有刘长青(第二章、第五章、第八章、第十二章),李平(第四章、第六章、第七章、第十一章),田锐(第三章、第十五章),曹甜东(第一章、第九章、第十章)、盛永华(第十三章、第十四章)。全书由徐鸿本、李银怀审定。限于编者的水平,存在的不妥之处,敬请读者批评指正,同时谨向丛书中参考文献的作者,一并表示诚挚的谢意。

编者

2009 年 3 月于荆楚理工学院

目录

MULU

第一章 磨削加工技术概述	1
1.1 磨削加工方法与分类	1
1.2 磨削加工技术发展趋势	2
1.2.1 磨削理论研究	2
1.2.2 磨削工艺研究	3
第二章 磨削基本原理	5
2.1 磨削运动及磨削用量的基本参数	5
2.1.1 磨削加工的相对运动	5
2.1.2 磨削用量的基本概念	6
2.2 磨削加工的特点及过程	7
2.2.1 磨削加工的特点	7
2.2.2 磨削过程	8
2.3 磨削过程中的力和热	9
2.3.1 磨削力	9
2.3.2 磨削热	10
2.4 磨削液	11
2.4.1 切削液的作用	11
2.4.2 切削液的种类	12
2.4.3 磨削液的供给方法	14
第三章 磨料与磨具	16
3.1 概述	16
3.1.1 磨具的结构及分类	16
3.1.2 磨具的特性	17
3.2 普通磨料磨具	19
3.2.1 普通磨料的品种、代号	19
3.2.2 普通磨料粒度	21
3.2.3 普通磨具结合剂代号、性能及应用	25
3.2.4 普通磨具的硬度代号及应用	25
3.2.5 普通磨具组织号及其应用	26
3.2.6 普通磨具的强度	26
3.2.7 普通磨料磨具形状尺寸及标记代号	26
3.3 超硬磨料磨具	27

3.3.1	概述	27
3.3.2	超硬磨具的品种代号及磨料粒度	28
3.3.3	超硬磨具的使用特点	30
3.4	磨料磨具的选择和使用	31
3.4.1	普通磨料磨具的选择	31
3.4.2	超硬磨料磨具的选择	33
3.5	磨具(砂轮)的平衡与修整	36
3.5.1	砂轮的平衡	36
3.5.2	砂轮的修整	42
第四章	精密量具和量仪	45
4.1	量具	45
4.1.1	游标卡尺	45
4.1.2	千分尺	46
4.1.3	杠杆式卡规	48
4.1.4	游标万能角度尺与正弦规	49
4.1.5	百分表与千分表	52
4.2	量仪	54
4.2.1	扭簧比较仪	54
4.2.2	气动量仪和电感量仪	55
4.2.3	圆度测量仪	60
4.2.4	双管显微镜	61
4.2.5	电动轮廓仪	63
4.3	量块	64
第五章	回转头磨削	67
5.1	外圆磨削	67
5.1.1	外圆磨削的形式	67
5.1.2	磨床工作台的调整和外圆磨削砂轮的选择、安装及修整	69
5.1.3	工件的装夹	72
5.1.4	外圆磨削的方法	77
5.1.5	外圆磨削常见质量问题及防止措施	83
5.1.6	轴类零件磨削加工实例	86
5.2	内圆磨削	92
5.2.1	内圆磨削的形式	92
5.2.2	内圆磨削的特点	93
5.2.3	砂轮选择及其正确使用	93
5.2.4	工件的装夹	97
5.2.5	内圆磨削的方法	101
5.2.6	内圆磨削常见质量问题及防止措施	103

5.2.7 套类零件磨削加工实例	104
5.3 圆锥面磨削	107
5.3.1 圆锥面的各部分名称和分类	107
5.3.2 圆锥面的磨削方法	109
5.3.3 锥面磨削常见质量问题及防止措施	112
5.3.4 圆锥面磨削加工实例	113
第六章 平面磨削	117
6.1 平面磨削的类型及其特点	117
6.1.1 平面磨床的类型	117
6.1.2 平面磨削方式及分析	118
6.1.3 平面磨削方法	119
6.1.4 平面磨削的砂轮选择	120
6.1.5 磨削用量选择	121
6.1.6 电磁吸盘的使用	121
6.2 平行平面、垂直平面和倾斜面的磨削	123
6.2.1 平行平面的磨削	123
6.2.2 垂直平面的磨削	124
6.2.3 倾斜面的磨削	127
6.3 平面的精度检验	129
6.3.1 平面度的检验	129
6.3.2 平行度的检验	130
6.3.3 垂直度的检验	131
6.4 平面磨削常见的工件缺陷、产生原因和解决方法	132
6.5 加工实例	134
第七章 刀具和成形面的磨削	137
7.1 刀具的磨削	137
7.1.1 概述	137
7.1.2 刃磨刀具用砂轮的选择	138
7.1.3 铰刀的刃磨	140
7.1.4 铰刀的质量检验	142
7.2 成形面的磨削	144
7.2.1 成形面的类型及其磨削方法	144
7.2.2 成形砂轮的修整方法	147
7.2.3 成形面磨削的注意事项	150
7.3 球面的磨削	151
7.3.1 成形法磨削球面	151
7.3.2 轨迹法加工球面	151
7.3.3 展成法加工球面	152

7.3.4 凹球面的磨削	153
7.4 加工实例——专用仿形轴的磨削	153
7.4.1 砂轮修整	154
7.4.2 磨削加工工艺	157
7.4.3 工艺分析	158
7.4.4 磨削操作技巧	158
第八章 无心外圆磨削	166
8.1 无心外圆磨削的磨削原理及特点	166
8.1.1 无心外圆磨削工件的成圆原理	166
8.1.2 无心外圆磨削特点	167
8.2 无心外圆磨削方法	167
8.2.1 贯穿磨削法	167
8.2.2 切入磨削法	169
8.2.3 强迫贯穿磨削法	170
8.3 无心外圆磨床的调整	170
8.4 无心外圆磨削实例	174
8.4.1 通磨法磨削实例	174
8.4.2 切入磨削法磨削实例	176
8.5 无心外圆磨削产生的质量问题及解决措施	177
第九章 花键轴磨削	179
9.1 花键轴的磨削方法	179
9.1.1 花键轴磨削方法	179
9.1.2 花键轴磨削特点	181
9.1.3 花键磨削注意事项	182
9.1.4 花键轴磨削砂轮的选择与修整	182
9.1.5 矩形花键轴磨削工艺参数的选择	184
9.2 加工实例	187
9.3 花键轴磨削常见的质量问题及防止措施	189
第十章 螺纹磨削	190
10.1 螺纹磨削方法	190
10.1.1 螺纹磨削方法	190
10.1.2 螺纹磨削工艺参数及选择	191
10.2 砂轮的选择与修整	192
10.2.1 砂轮特性的选择	192
10.2.2 砂轮的修整	193
10.2.3 螺纹磨削注意事项	194
10.3 加工实例	195

10.4	螺纹磨削常见的质量问题及防止措施	199
第十一章 齿轮磨削		
11.1	齿轮磨削方法和特点	201
11.1.1	成形法磨齿原理	202
11.1.2	范成法磨齿原理	202
11.2	砂轮的选择和平衡	202
11.2.1	砂轮的选择	202
11.2.2	砂轮的平衡	202
11.3	砂轮修形	203
11.3.1	成形砂轮的修整	203
11.3.2	蜗杆砂轮的修形	203
11.4	工艺参数的选择	204
11.5	磨齿误差产生原因与消除方法	206
11.5.1	成形法磨齿误差产生原因与消除方法	206
11.5.2	锥砂轮磨齿误差产生原因与消除方法	207
11.5.3	大平面砂轮磨齿误差产生原因与消除方法	208
11.5.4	碟形双砂轮磨齿误差产生原因与消除方法	209
11.5.5	蜗杆砂轮磨齿误差产生原因与消除方法	210
11.6	加工实例	211
11.6.1	零件图样	211
11.6.2	零件分析	211
11.6.3	磨削操作准备	212
11.6.4	磨削操作步骤	213
11.6.5	工件检测	213
第十二章 珩磨		
12.1	珩磨的原理和特点	214
12.1.1	珩磨的原理	214
12.1.2	珩磨的特点	214
12.2	珩磨头	215
12.3	珩磨油石	217
12.4	珩磨夹具	219
12.5	珩磨工艺	220
12.5.1	珩磨工艺参数	220
12.5.2	珩磨液的选择	222
12.5.3	对工件珩磨前的要求	222
12.6	珩磨的应用及实例	223
12.6.1	珩磨的应用	223
12.6.2	珩磨加工实例	225

12.7 珩磨常见的质量问题及防止措施	226
第十三章 高速磨削	229
13.1 概述	229
13.2 高速磨削对机床的要求	229
13.3 高速磨削对砂轮的要求	234
13.3.1 砂轮的特性选择	234
13.3.2 提高砂轮强度措施	234
13.3.3 高速磨削的砂轮平衡与修整	235
13.4 高速磨削用量的选择	236
第十四章 精密复杂件及难磨材料的磨削	238
14.1 特种轴的磨削方法	238
14.2 分度板、多齿盘的磨削方法	241
14.3 简单冷冲压模具的成形磨削方法	244
14.4 斜槽、连杆等复杂零件的磨削方法	246
14.5 难磨削材料的磨削	246
14.5.1 极硬材料的磨削	247
14.5.2 既硬又黏材料的磨削	247
14.5.3 韧性材料的磨削	248
14.5.4 软材料的磨削	249
第十五章 数控磨削	250
15.1 数控磨床	250
15.1.1 砂轮平衡装置	251
15.1.2 在线检测装置	253
15.1.3 砂轮修整器	253
15.2 数控磨削工艺及编程	254
15.2.1 数控磨床及磨削加工中心的加工特点	254
15.2.2 MK1320 型数控外圆磨床编程	256
15.2.3 数控坐标磨床编程	259
15.2.4 数控强力磨床的编程	265
15.2.5 数控立式磨床的编程	268
15.3 磨削加工中心(GC)简介	272
参考文献	275

第一章 磨削加工技术概述

1.1 磨削加工方法与分类

磨削加工是利用磨料去除材料的加工方法。根据加工对象的形状和要求不同,磨削加工有多种加工方法。而用砂轮或砂带进行磨削加工是应用广泛、高效精密的终加工工艺方法。

一般砂轮磨削根据加工对象、表面形成方式的不同,可分为外圆、内圆、平面及成形磨削方法;对旋转表面按工件夹紧和驱动方式,可分为定心磨削与无心磨削;按砂轮进给方式相对于加工表面的关系,可分为纵向进给与切入进给磨削;按磨削行程可分为通磨与定程磨;按砂轮工作表面类型分为周边磨削、端面磨削及周边一端面磨削。数控磨床及磨削加工中心上常用复合磨削工艺的方法。上述磨削方法,可根据具体生产条件与表面形成方式将各种方法结合。常用的结合方式如图 1-1 所示。

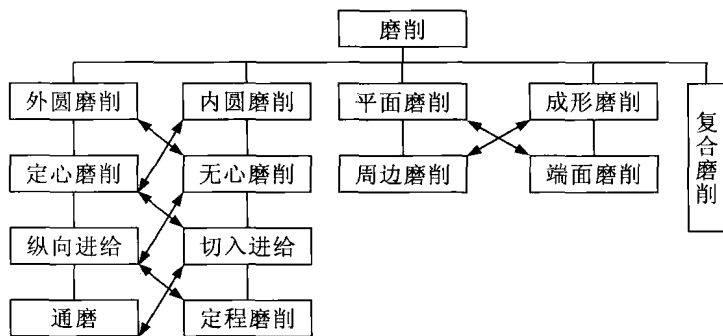


图 1-1 砂轮磨削方式和方法

图 1-1 所示结合方式基本上也适用于砂带磨削。各种砂带磨削,可分别实现内、外回转面、平面、曲面等表面加工。

一般来讲,按砂轮圆周速度 v_s 的高低将磨削分为普通磨削($v_s < 45\text{m/s}$)、高速磨削($45\text{m/s} \leq v_s < 150\text{m/s}$)、超高速磨削($v_s \geq 150\text{m/s}$);按磨削精度将磨削分为普通磨削、精密磨削(加工精度 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$ 、表面粗糙度 $R_a 0.1 \sim 0.2\mu\text{m}$)、超精密磨削(加工精度小于 $0.1\mu\text{m}$ 、表面粗糙度 $R_a \leq 0.025\mu\text{m}$);按磨削效率将磨削分为普通磨削、高效磨削。高效磨削包括高速磨削、超高速磨削、缓进给磨削、高效深切磨削、砂带磨削、快速短行程磨削和高速重负荷磨削等。

磨削广泛用来加工普通黑色金属材料、非金属硬脆材料。它是加工淬火钢、各种高强度和高硬度合金、碳纤维塑料、玻璃、工程陶瓷等材料的有效工艺手段。

1.2 磨削加工技术发展趋势

磨削加工是机械制造中重要的加工工艺。随着机械产品精度、可靠性和寿命要求的不断提高,高硬度、高强度、高耐磨性、高功能性的新型材料的广泛应用,给磨削加工提出了许多新问题,诸如材料的磨削加工性及表面完整性、超精密磨削、高效磨削和磨削自动化等问题亟待解决。当前,磨削加工技术正朝着使用超硬磨料磨具,开发精密及超精密磨削,高速、高效磨削工艺及研制高精度、高刚度的自动化磨床的方向发展。

1.2.1 磨削理论研究

磨削理论研究是磨削工艺技术发展的基础,磨削工艺技术与实践的发展为磨削理论的研究提供了机遇和新课题。

1. 磨削机制研究

磨削机制研究是根据弹塑性力学、断裂力学、摩擦学、切削学、计算机等基础科学,研究磨粒切削机制、切屑的形成、磨削力、磨削热与磨削温度分布及磨削区接触弧长等问题,通过理论分析,建立模型、进行试验考查和模拟与仿真,探讨磨削过程变化的内在规律。

2. 磨削工具——砂轮的研究

磨料磨具行业主要研究新型磨料、超硬超微磨料磨具特性和新型磨具开发等问题。重点集中在砂轮磨损、砂轮形貌、磨损监测与控制、砂轮修整技术及智能化磨削工具上。如将传感器置于砂轮的金属毂上,这样既可监测磨削过程,又可监测修整过程,还可探测工具产生的振动等。有效地研究砂轮的磨损,提高使用寿命,对砂轮磨削性能作出合理的评价。

3. 磨削工艺条件的优化研究

砂轮圆周速度、工件速度、进给速度、磨削深度及磨削液等是考查磨削过程中诸多现象及磨削结果的重要参数。对磨削用量参数进行单因素、多因素实验,优化磨削参数并总结出规律,用来指导工业生产。

4. 磨削表面完整性研究

现代机械产品对零件表面质量要求愈来愈高,要求极低的表面粗糙度、残余应力及极小的表面变质层。磨削表面的波纹、振纹、残余应力、加工硬化层、烧伤及裂纹等缺陷是磨削加工中常见的质量问题。分析缺陷产生的原因,进行监控,采取抑制与防止措施,提高磨削表面完整性,是磨削技术中重点研究的内容之一。

5. 磨削工艺过程监控与检测技术研究

实现磨削数字控制和智能化,对磨削过程进行监控很重要。磨削过程的信号识别、信号采集、数据处理、反馈与补偿、传感器敏感元件、专家系统、智能系统和软件设计等技术,是实现监控所必须解决的技术问题。由于磨削过程的复杂性,对其进行监控要比其他加工方法困难得多。

对磨削加工尺寸精度、形状及位置精度、表面质量进行检测分为离线与在线检测,表面粗糙度的评价与检测是研究重点。对超精密磨削及游离磨粒加工方法获得的低粗糙

度与镜面的离线检测已发展到非接触式测量。主要方法有:电子显微镜(SEM)、隧道扫描电子显微镜(STM)光学式外差干涉法、条纹扫描干涉法、激光散射法等非接触测量。

1.2.2 磨削工艺研究

1. 精密及超精密磨削

当前精密加工是指被加工零件加工精度达 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$, 表面粗糙度为 $R_a 0.01 \sim 0.2\mu\text{m}$ 的加工技术;超精密加工当前是指被加工零件的尺寸精度小于 $0.1\mu\text{m}$, 表面粗糙度 $R_a \leq 0.025\mu\text{m}$, 机床定位精度的分辨率和重复精度小于 $0.01\mu\text{m}$ 的加工技术。超精密磨削正从微米、亚微米($0.1 \sim 1\mu\text{m}$)加工技术向纳米级($10^{-3} \sim 10^{-2}\mu\text{m}$)的加工技术发展。磨具磨削及磨粒加工是进行精密及超精密加工的主要途径。使用氧化铝、碳化硅、立方氮化硼、金刚石等磨粒制成的砂轮、砂带对黑色金属、硬脆材料、非金属材料进行磨削加工,加工精度可达 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$, 表面粗糙度达 $R_a 0.05 \sim 0.1\mu\text{m}$ 。用超细 ZrO_2 (氧化锆)微粉的弹性发射游离磨粒加工芯片,可实现纳米级加工,加工精度达 $0.001 \sim 0.1\mu\text{m}$, 表面粗糙度达镜面。超精研磨、抛光、精密超声研磨、机械化学研磨、化学机械抛光等复合加工工艺方法,都是实现精密及超精密加工、镜面加工的有效工艺技术。

2. 高效磨削

普通磨削的砂轮圆周速度常在 $30 \sim 35\text{m/s}$, 磨除率为 $1 \sim 50\text{mm}^3/\text{s}$ 。为了提高磨削效率及磨削质量,常采用高速磨削、缓进给(蠕动)磨削、高效深切磨削、砂带磨削等高速高效磨削工艺。

(1) 高速磨削 砂轮圆周速度大于 45m/s 的磨削叫高速磨削。现在高速磨削砂轮圆周速度 v_s 可达 $60 \sim 250\text{m/s}$, 工件进给速度 v_w 为 $1000 \sim 10000\text{m/min}$ 。在 $v_s = 60 \sim 120\text{m/s}$, 使用普通砂轮时,每毫米砂轮宽度的金属切除率可提高到 $500 \sim 1000\text{mm}^3/\text{s}$; $v_s = 120 \sim 250\text{m/s}$, 使用 CBN(立方氮化硼)砂轮金属切除率可达 $2000\text{mm}^3/\text{s}$ 。超高速($v_s = 160 \sim 260\text{m/s}$)外圆磨床,使用 CBN 砂轮,可获得圆度误差为 $1\mu\text{m}$, 表面粗糙度 $R_a 0.4\mu\text{m}$ 的磨削效果。

(2) 缓进给磨削(蠕动磨削) 缓进给磨削方法特别适于高硬度、高韧性材料的表面及沟槽等的加工,其特点是增大磨削深度,降低进给速度进行磨削。磨削深度在 $0.5 \sim 30\text{mm}$, 纵向进给速度在 $10 \sim 300\text{mm/min}$ 范围内变化,其加工精度达 $2 \sim 5\mu\text{m}$, 表面粗糙度 $R_a 0.1 \sim 0.4\mu\text{m}$ 。缓进给磨削中实现了砂轮的连续修整技术。

(3) 高效深切磨削 高效深切磨削工艺是以加大磨削深度、提高砂轮圆周速度及工件进给速度,获得高的金属切除率的磨削工艺。高效深切磨削的砂轮圆周速度 $v_s = 60 \sim 120\text{m/s}$, 甚至更高。工件进给速度 $v_w = 1000 \sim 2500\text{m/min}$, 磨削深度 a_p 达 $0.1 \sim 30\text{mm}$ 。

(4) 砂带磨削 砂带磨削不仅能进行微量切除,又可进行大余量高效磨削。砂带磨除率高,磨削面积大,砂带深磨能一次切下 $3 \sim 5\text{mm}$ 厚的金属层,所以砂带磨削的应用不断扩大。

(5) 快速短行程磨削 快速短行程磨削是在往复磨削时采用比常规高得多的速度、行程比常规短得多的磨削方法。一般其行程速度可达 3.8m/s , 往复运动频率每分钟可达 400 次双行程。该磨削方法是一种具有更高磨削效率和精度的新磨削工艺。它适合于短工件(长度 10mm 左右)的磨削加工。

(6) 高速重负荷磨削 高速重负荷磨削是以快速去除加工余量为目的的磨削加工,对磨削表面质量、加工精度要求不高。其磨削速度为 $60\sim 80\text{m/s}$,法向磨削力达 $2.5\sim 5\text{kN}$,金属切除率达 100kg/h 。主要用于钢坯的粗磨(修磨)。

3. 磨削自动化

随着机械制造业向着柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell)、柔性制造系统 FMS(Flexible Manufacturing System)、计算机集成制造系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)高度自动化方向的迅速发展,对磨削加工提出了自动化的要求。而磨床的高速化与智能化,对磨床结构设计制造提出了新要求和新课题。当前主要技术动向是:用有限元算法、模态分析、CAD 及 CAE 技术对磨削机床进行动、静刚度研究、优化磨床结构,解决振动达到高稳定性的磨削加工;采用液压静压轴承、气体静压轴承及磁浮轴承,实现磨床主轴高速化及高精密化;利用静动压导轨、直线导轨、静动压丝杠,实现导轨及进给机构的高速化与高精密化;排除或减少热源,抑制热产生,隔离及防止热扩散。从材料及结构上抑制热变形,并从系统上进行控制与补偿等。

第二章 磨削基本原理

2.1 磨削运动及磨削用量的基本参数

2.1.1 磨削加工的相对运动

在磨削过程中,为了切除工件表面多余的金属,必须使工件和刀具作相对运动。图 2-1 所示为外圆、内圆和平面磨削的运动。

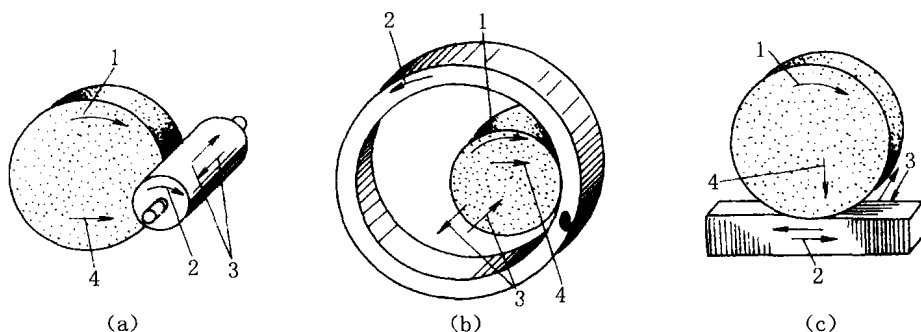


图 2-1 磨削的运动

(a) 外圆磨削 (b) 内圆磨削 (c) 平面磨削

1—主运动 2、3、4—进给运动

1. 磨削运动的分类

(1) 主运动 直接切除工件表面金属,使之变为切屑,形成工件新表面(已加工表面)的运动。主运动一般为一个,图 2-1 中的 1 即砂轮的旋转运动为主运动,其运动的速度较高,消耗的切削功率较大。

(2) 进给运动 使新的金属层不断投入磨削的运动。图 2-1 中的 2、3、4 均为进给运动,根据磨削方式的不同,其运动方向有所区别。

2. 不同磨削方式的进给运动

(1) 外圆磨削(图 2-1(a))的进给运动为工件的圆周进给运动 2、工件的纵向进给运动 3 和砂轮的横向进给运动 4。

(2) 内圆磨削(图 2-1(b))的进给运动与外圆磨削相同。

(3) 平面磨削(图 2-1(c))的进给运动为工件的纵向(往复)进给运动 2、砂轮或工件的横向进给运动 3 和砂轮的垂直进给运动 4。

横向进给运动是控制砂轮背吃刀量的运动,多数情况下是间歇的。纵向进给运动是一种走刀运动,起反复磨光的作用。工件圆周进给运动一般是连续的,其中外圆磨削的

纵向进给运动和工件圆周进给又是与成形有关的运动。

2.1.2 磨削用量的基本概念

磨削用量即磨削时的切削用量,是切削过程中磨削速度和进给量的总称。

以外圆磨削为例,其磨削用量包括砂轮圆周速度、工件圆周速度、工件纵向进给量和砂轮横向进给量 4 个参数。磨削用量的方向如图 2-2 所示。

1. 砂轮圆周速度

砂轮外圆表面上任意一点在单位时间内所经过的路程,为砂轮圆周速度,用 v_s 表示,其单位为 m/s。砂轮圆周速度可按下列公式计算:

$$v_s = \frac{\pi D_s n}{1000 \times 60}$$

式中 D_s ——砂轮直径,mm;

v_s ——砂轮圆周速度,m/s;

n ——砂轮转速,r/min。

砂轮圆周速度又称磨削速度,普通外圆磨削的砂轮圆周速度为 35m/s。

砂轮圆周速度对磨削质量和生产率有直接的影响。当砂轮直径减小到一定数值时,砂轮的圆周速度也相应降低,砂轮的磨削性能也明显变差,此时应更换砂轮或提高砂轮转速。

2. 工件速度

工件被磨削表面上任意一点在单位时间内所经过的路程,称为工件的速度,用 v_w 表示。其量值比砂轮圆周速度低得多,故单位取 m/min。其计算公式为

$$v_w = \frac{\pi d_w n}{1000}$$

式中 d_w ——工件外圆直径,mm;

v_w ——工件速度,m/min;

n ——工件转速,r/min。

工件速度一般为 10~30m/min。实际生产中按加工精度来选择工件速度。加工精度较高的工件通常取低值;反之,取高值。

3. 纵向进给量

工件每转一周相对砂轮在纵向移动的距离(图 2-3),称纵向进给量,用 f 表示,其单位为 mm/r。由于纵向进给量受到砂轮宽度的约束,故其计算公式为

$$f = (0.2 \sim 0.8) B$$

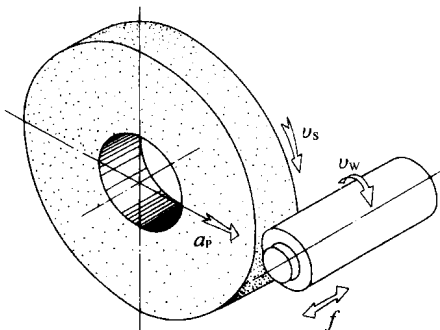


图 2-2 外圆磨削用量

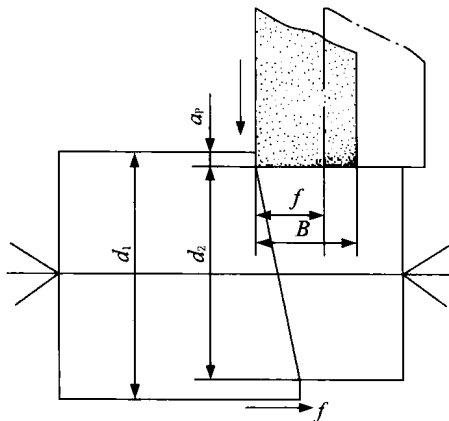


图 2-3 纵向进给量和背吃刀量