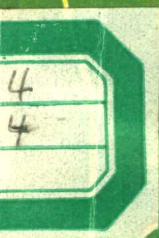


滚压和挤压 光整加工

程 通 模 编



机 械 工 业 出 版 社

滚压和挤压光整加工

程通模 编



机械工业出版社

滚压和挤压光整加工是一种较先进的无屑光整加工方法。它具有加工效率高，表面粗糙度细，精度稳定等优点。

本书介绍了内外圆表面、平面及特殊表面等滚压、挤压加工方法的原理和特点。此外，还介绍了各类滚压器和挤压器的设计、计算和典型结构等。最后，对挤压珩磨也进行了简要介绍。本书内容通俗易懂。

本书可供从事机械制造的工程技术人员参考，也可供大专院校师生参考。

滚压和挤压光整加工

程通模 编

责任编辑：熊万武 责任校对：宁秀娥

封面设计：田淑文 版式设计：罗文莉

责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $6^{3/4}$ · 字数 146 千字

1989年1月北京第一版·1989年1月北京第一次印刷

印数 0,001-3,700 · 定价：3.80元

ISBN 7-111-00663-1/TG·165

前 言

滚压和挤压光整加工是一种较先进的无屑光整加工方法。它具有加工效率高,精度稳定,表面粗糙度细,减轻工人劳动强度,提高被加工零件表面层的硬度,增加零件的耐腐蚀性和使用性能好等优点。而且,各类滚压器和挤压器的结构简单,易于设计、制造和使用。滚压和挤压加工作为切削加工的终结工序,可解决一些采用切削加工方法难以解决的技术问题,如小直径深孔加工,表面粗糙度要求较细的内孔的加工,各种直径的深孔和特深孔的加工,以及圆柱、圆锥、开式内圆、丝杠螺纹和齿轮齿形等各种特殊形状表面的加工。

本书除介绍平面、圆柱面及特殊表面等滚压、挤压加工方法的原理和特点以及各类滚压器和挤压器的设计、计算和使用方法外,还提供了各种不同类型的滚压和挤压加工的大量经验数据,列举了一系列经过生产实际考验,行之有效的各类滚压器和挤压器的典型结构。这主要是为了使读者对滚压和挤压光整加工,既能全面懂得其原理和加工方法,又能自己动手设计各类滚压器和挤压器,以解决生产实际中的问题。

本书在完稿后,曾请华中工学院刘寿延教授审阅,在此,谨致谢意。由于本人的水平有限,书中的缺点和错误在所难免,希望广大读者给予批评指正。

编者

于1984年3月

参 考 文 献

- 〔1〕〔英〕W·约翰逊、P·B·梅尔著，王则明译：《塑性理论》，上海科学技术出版社，1965年11月
- 〔2〕王龙甫编：《弹性理论》，科学出版社，1978年
- 〔3〕华中工学院机械制造工艺教研室编：《机械制造工艺学》，机械工业出版社，1965年11月
- 〔4〕五机部七·二一工人大学教材编写组：《机械加工工艺及工装设计》，国防工业出版社，1978年5月
- 〔5〕徐康友编：《孔的挤压加工》，机械工业出版社，1960年
- 〔6〕陈日曜：“刀具切削部分光洁度与刀具耐用度及工件加工光洁度的关系”，华中工学院学报，第三卷第四期，1962年
- 〔7〕〔苏〕A·П·索科罗夫斯基著，浙江大学机械制造教研室译：《机械制造工艺的科学基础》，机械工业出版社，1964年11月
- 〔8〕程通模：“小直径深孔挤压加工”，《机械制造》，1981年第6期

目 录

前 言

第一章 绪论	f
一、滚压和挤压加工的原理	1
二、滚压和挤压加工的特点及其应用场合	2
三、滚压和挤压器的一般特点	4
四、创造性加工的特点	4
第二章 内孔挤压加工	6
一、滚珠(柱)式滚压加工	6
1. 单珠式万能内孔滚压加工	6
2. 多珠(柱)行星式内孔滚压加工	16
3. 滚珠(柱)式滚压加工的应用	47
4. 影响滚压加工的因素	53
5. 结论	60
二、小直径深孔挤压加工	61
1. 小直径深孔挤压器的设计与计算	62
2. 多柱式挤压器的结构及精度要求	67
3. 小直径深孔挤压加工的应用	68
4. 影响小直径深孔挤压加工的因素	76
5. 结论	79
三、脉冲式滚压加工	81
1. 脉冲式滚压器的基本结构	82
2. 脉冲式滚压器的设计与计算	83
3. 脉冲式滚压器的旋转速度和进给量	93
4. 脉冲式滚压加工的应用	95
5. 影响脉冲式滚压加工的因素	102

6. 结论	105
四、大直径深孔滚压加工	106
1. 加工大直径深孔用的组装式滚压器的基本结构	107
2. 滚压头主要零件的结构、材料及精度要求	111
3. 影响大直径深孔滚压加工的因素	119
4. 结论	122
第三章 开式内圆表面的挤压加工	123
一、挤刮器的基本结构	124
二、挤刮刀	125
三、开式内圆弧面挤压加工的应用	129
1. 加工实例	129
2. 影响开式内圆弧表面挤压加工粗糙度的因素	131
3. 加工操作时的注意事项	133
第四章 外圆表面的滚挤压加工	135
一、凸缘式滚压加工	135
1. 凸缘式滚挤压器的结构形式	136
2. 凸缘滚挤压参数的确定	137
3. 凸缘式滚压器主要零件的结构、材料及技术要求	142
4. 凸缘式滚挤压加工的应用	147
5. 凸缘式滚压器滚挤压加工外圆表面时应注意的事项	151
二、单珠(柱)式万能外圆滚压加工	152
三、旋风式外圆滚压加工	154
1. 旋风式滚压器的基本结构	155
2. 旋风式滚压器各参数的确定	158
3. 旋风式滚压加工时应注意的事项	160
第五章 平面挤压加工	162
一、滚珠(柱)式平面滚压加工	162

1. 滚压参数的确定	162
2. 平面滚压加工所用的冷却润滑液	164
3. 滚压加工平面时的注意事项	164
二、轮式凸缘滚压加工	164
1. 滚压参数的确定	165
2. 轮式凸缘滚挤压加工平面时应注意的事项	166
三、凸缘式挤压加工	167
1. 凸缘式挤压器的基本结构	167
2. 凸缘式挤压器的主要零件	170
3. 凸缘式挤压加工参数的确定	176
4. 凸缘式挤压加工的应用	177
5. 凸缘式挤压加工平面时的注意事项	180
第六章 特殊表面的挤压加工	181
一、丝杠滚压器的基本结构形式	181
二、行星式丝杠滚压器的主要零件	185
三、滚压参数的确定	192
四、影响丝杠滚压加工的因素	193
第七章 挤压珩磨	195
一、挤压珩磨加工原理	195
二、挤压珩磨机床的基本结构	197
三、挤压珩磨加工的参数	199
四、挤压珩磨夹具	200
五、磨料流体介质	203
六、结论	205
参考文献	208

第一章 绪 论

机械制造工艺工作者，主要研究的问题是：产品质量、生产率和经济效益。而经济效益与产品质量和生产率有着密切的联系。在给定生产产品和产品技术要求的条件下，选择什么样的加工方法和设备来进行加工，要通过经济分析来确定。为提高产品零件的加工质量，或为提高生产率而采取的某种新工艺或高效的工艺方法和装备时，必须考虑最后能获得好的经济效益，采用一些新的加工方法，如电火花加工，电腐蚀加工，超声波加工，激光加工，电化学加工，以及滚压和挤压光整加工等，不但能解决生产中一些难于解决的技术难题，且常常能获得较高的经济效益。而滚压和挤压光整加工也可统称为挤压加工，既不需要昂贵的设备，又不需要高级技工操作，只要选用得当，就能获得高质量、高效率、低成本的显著效果。因而是一种较理想的加工方法。

一、滚压和挤压加工的原理

根据金属变形的理论，工件表面在外力的作用下，被挤压（或滚压）金属的原子间距离会暂时发生变动或晶粒间产生滑移。当外力达到一定数值时，被加工表面金属除产生弹性变形外，还会有塑性变形（即金属的残余变形）。由于塑性变形，不仅零件被加工表面的形状发生变化，而且，其组织结构和物理性能也发生了变化，使金属被挤压（或滚压）层的组织变得紧密。晶粒变细、晶粒形状也沿着变形最大的方向延伸。同时在被挤压（或滚压）金属表面层内产生极大

的压缩应力，使金属表面得到强化，提高了表面层的硬度；熨压平了微观不平度，大大降低了零件的表面粗糙度。被挤压（或滚压）金属表面的强度极限、屈服极限和疲劳极限等也都有所提高，但其相对延伸率和冲击强度则有所降低。这就使零件的抗腐蚀能力有所增加，使用性能也得到了改善。

在挤压器（或滚压器）的挤压（或滚压）下，工件表面的不平度波峰和波谷被熨平和填平，故在一定的有效范围内，提高了工件的加工精度。

二、滚压和挤压加工的特点及其应用场合

滚压和挤压加工是一种无屑光整加工方法。它是在常温状态下，利用硬材料（如淬火钢、硬质合金以及红宝石等）制成的工具，对被加工零件表面施加一定的压力，使表面层金属产生塑性变形，改变金属表面层的组织结构和物理性质，以达到光整表面，校正工件几何形状，提高加工精度的目的。由于挤压和滚压的结果，零件表层金属中产生了极大的压缩应力，因而强化了表面层金属，提高了强度极限、屈服极限和疲劳极限，使零件表面产生一层冷硬层，增加了其耐磨性和抗腐蚀性能。从而，改善了零件的使用性能。

滚压和挤压加工常用于加工内圆表面、圆柱面、圆锥面、开式圆弧表面、丝杠螺纹表面、齿轮齿形表面和平面以及一些不易加工的特殊形状表面等。工件材料可以是钢、铸铁或有色金属。

滚压和挤压加工工艺简单，易于掌握，又不需要昂贵的专用设备，大、中、小型工厂企业均可采用，适用性强，是一种生产效率高，能保证产品质量，提高经济效益的加工方

法，具有较高的应用价值。

滚压和挤压加工在目前还没有统一的分类方法。图 1-1 列出的挤压加工的分类，是按挤压原理来划分的。

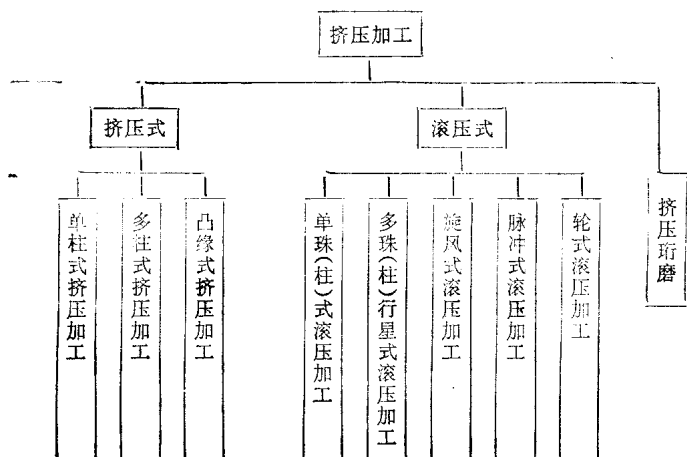


图 1-1 挤压加工的分类

单柱式挤压加工主要用于小孔加工；多柱式挤压加工主要用于小孔挤压，特别是用于小直径深孔挤压加工，更能显示出其优越性；凸缘式挤压加工主要用于开式圆弧面，外圆表面和平面的加工。

单珠（柱）式滚压加工主要用于外圆、内孔、平面和丝杠螺纹表面的滚压加工，多珠（柱）行星式滚压加工主要用于直径较大的内孔（如油缸筒、气缸等）的滚压加工；旋风式滚压加工主要用于外圆表面的加工，特别是用于细长杆圆柱表面的加工，效果更为显著；脉冲式滚压加工用于内孔表面加工，并能加工不通孔和非对称间断表面类型的孔，对于壁厚不均匀的内孔，采用脉冲式滚压加工，能获得较细的内孔表面粗糙度和较高的精度；轮式滚压加工用于大直径深孔

的加工,对于直径大于400mm,孔深超过10m的大直径深孔,采用轮式滚压加工,能获得较理想的内孔表面粗糙度和精度。

挤压珩磨主要用于加工经淬火的内孔(如模具孔等)、齿轮齿形表面和各种模具模腔表面,以及一些无法采用切削加工的各种特殊形状的内外表面等,也可用于去除各种形状工件内部隐蔽处的毛刺,去除表面变质层等。总之,挤压珩磨加工的适用范围广泛,几乎可以加工所有形状的各种内外表面。是一种新型的加工方法。

三、滚压和挤压器的一般特点

精加工方法的出现,主要是为获得更高的形状和尺寸精度,以及较细的表面粗糙度,并确保生产效率的提高,加工成本的降低。可使零件表面达到较细的粗糙度,并在一定的范围内提高加工精度。而滚压器和挤压器的结构简单,易于设计、制造。因此,设计者只要掌握了被加工材料的物理性能、弹性变形规律和塑性变形规律,就能根据零件的具体特征,很快地设计出适用的滚压或挤压器来。而且,一般工厂都能制造,一般人员就可进行操作,生产效率高,产品质量稳定。

此外,滚压器中的变形构件一般都采用钢球、短圆柱滚子或滚针等标准件,精度好、硬度高、价格低廉、易于购买,拆换都很方便,这就相应地降低了滚压器或挤压器的造价,所以,挤压加工有较好的经济效益。

四、创造性加工的特点

切削加工要求工作母机的精度比被加工零件的精度高。这是因为工作母机的传动误差和几何误差要以一定的形式

“遗传”给工件，而零件在切削加工过程中，还会产生一些其他的误差，如热变形和振动，金属切削刀具和磨具等引起的误差，这就使切削加工精度比工作母机的精度低，所以，用切削加工方法是不易创造（加工）出高一级精度的零件的。为了创造比工作母机更高一级精度的零件，必须采用“创造性加工”方法，即在工作母机上采取提高精度和降低表面粗糙度的措施，直接加工出高一级精度的零件来，这就是“直接式创造性加工”。而且表面粗糙度必须比加工精度高一个数量级才能达到提高精度的目的。滚压和挤压光整加工就是根据不同零件的要求，采用相应的滚压器或挤压器，在一般精度的工作母机上，滚压或挤压加工出较高精度和较细表面粗糙度的零件，因此，这是一种符合我国国情的加工方法。

滚压和挤压加工之所以能较好地降低被加工零件的表面粗糙度和提高精度，主要是利用了金属的弹性—塑性变形的性质，对不同材料和各种结构的零件，采用不同类型的滚压器或挤压器，对被加工面施加不同的挤压力，使之达到塑性变形。在一般情况下，金属所受的挤压力越大，则其塑性变形越充分，挤压的效果就越好。所以，在可能的情况下，所取的挤压余量越大越好。较大的挤压余量应分散到各挤压头上，使每一个挤压头分担的挤压余量一般不超过0.12mm。丝杠的冷轧加工，实际上就是一种冷挤压加工，其每一圈挤压轮负担着0.06~0.10mm的挤压量，通过多个挤压轮连续不断地对预加工丝杠（丝杠外径预加工到中径尺寸，但未预车削螺纹）进行滚挤压，以获得较高的精度和较细的表面粗糙度。这种高效率、高质量的创造性挤压成形的加工方法，可以逐步推广应用于其他相类似零件，如蜗杆，花键轴，齿轮等零件的加工中去。这种创造性加工即所谓“冷轧成形加工”。

第二章 内孔挤压加工

孔的加工是机械制造中较复杂，加工周期较长，加工费用较高的工序之一。特别是对表面粗糙度要求较细的中、小直径孔，小直径深孔和较大直径特深孔的加工尤为困难。而挤压加工用于内孔精加工的最后一道工序，是保证孔加工要求的一项有效措施。

对于一些较难加工的铝合金、铜、巴氏合金等软塑性金属，经过挤压加工后，也能得到较细的表面粗糙度和较高的精度，而不致于产生象用砂轮磨削或研磨出的内孔表面那样，总会有磨料的碎粒嵌入而遗留在金属的表面层上，影响零件使用性能。因此，凡经过挤压加工的零件，都有良好的使用性能。现分别按滚珠（柱）式滚压加工，小直径深孔挤压加工，脉冲式滚压加工及大直径深孔滚压加工等四个方面叙述如下。

一. 滚珠(柱)式滚压加工

滚珠(柱)式内孔滚压加工采用滚压器中的钢球作滚压变形构件，在被加工孔壁表面层沿圆周作螺旋式的滚动，并对被加工孔壁表面施加一定的径向压力，工件内孔在钢球的滚压力作用下，金属产生弹性变形 ($\delta\sigma_e$) 和塑性变形 ($\delta\sigma_p$)，图2-1为钢球滚压内孔的变形图。由于钢球对孔壁表面层金属滚压而产生塑料变形，使内孔表面粗糙度大为降低。

1. 单珠式万能内孔滚压加工

图2-2为单珠式万能内孔滚压加工示意图。这种滚压加

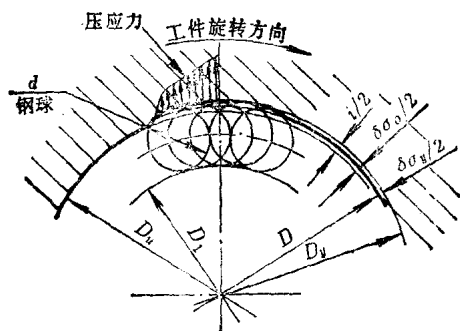


图2-1 钢球滚压内孔的变形图

D_0 —滚压前的内孔直径 D —滚压后的内孔直径 d —钢球直径
 D_y —钢球滚压内孔的最大变形直径 i —滚压余量

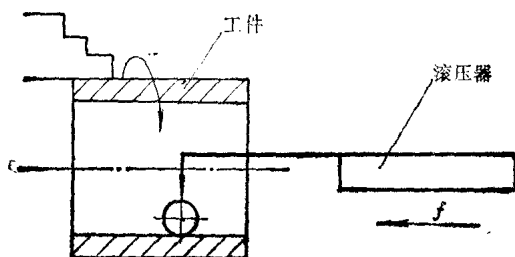


图2-2 单珠式万能内孔滚压加工示意图

工一般采用钢球作变形构件。

单珠式内孔滚压加工的通用性较大，在普通车床上采用这种滚压器可滚压各种材料的工件内孔。在一定尺寸范围内的工件内孔，都可以用同一种单珠式滚压器进行滚压加工。所以，这种滚压器特别适用于单件，小批量生产和工具、机修部门。

(1) 单珠式万能滚压器的基本结构

图2-3为单珠式万能滚压器结构图之一，钢球4固定在保持架3中，当钢球滚压内孔受力时，钢球在孔壁上滚动而推动滚轮6绕小轴2转动，所以，钢球可沿滚轮6的外圆弧面滚动，小轴2固定在带方头的滚压杆1上，滚轮6可在小轴上自如地转动（滚轮孔与小轴外径有一定间隙）。为防止保持架3在受力时在滚压杆1上转动而影响滚压效果，用一个小圆柱销5将其固定在滚压杆1上。这种滚压器对一定尺寸范围内的大小孔都能进行滚压，适应性较强。故称为万能滚压器。由于钢球在滚压受力时，滚轮6与小轴2相对运动，其间的摩擦力很大，且又不易润滑，因而产生很大的热量，使滚压器易于磨损。所以，这种滚压器的使用寿命不长。

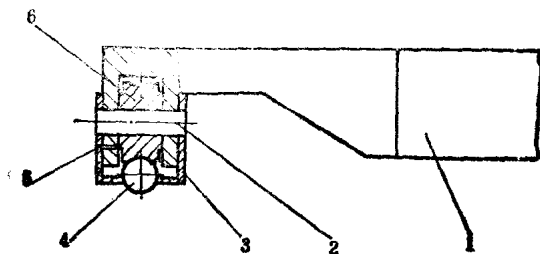


图2-3 单珠式万能滚压器结构(一)

1—滚压杆 2—小轴 3—保持架 4—钢球 5—圆柱销 6—滚轮

若将图2-3中的滚轮换成滚动轴承，就可避免上述的缺陷。由于滚动轴承的径向间隙小，精度高，又以滚动摩擦代替了上述的滑动摩擦，摩擦损失小，轴承易于润滑，发热也小，故使用寿命长。滚动轴承为外购标准轴承，其价格低廉，是滚压器的理想构件。图2-4所示的单珠式万能滚压器就是这种结构形式。这种滚压器中的钢球1固定在保持架12

上,可沿向心轴承 8 外圈圆周上特制的圆弧面滚动。滚压杆 6 是用销轴 2 与夹持块 1 连接,并能在夹持块 1 的方槽中绕销轴 2 自如地转动,滚压杆 6 的中间有一小孔通过螺钉 5,垫圈 4,橡胶垫 3 将滚压杆 6 压紧在夹持块 1 的方槽中,起防振作用。这种滚压器一般可使内孔表面粗糙度 R_a ,在预加工的基础上降低 $2.4 \sim 2.8 \mu\text{m}$ 。如预加工内孔的表面粗糙度为 $R_a 3.2 \mu\text{m}$ 时,经滚压后的表面粗糙度可达 $R_a 0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

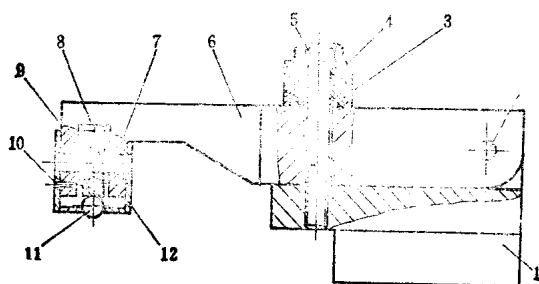


图2-4 单珠式万能滚压器结构(二)

- 1—夹持块 2—销轴 3—橡胶垫 4—垫圈 5—螺钉 6—滚压杆
7—小轴 8—滚动轴承 9—垫圈 10—圆柱销 11—钢球
12—保持架

若将滚压器中的钢球换成短圆柱滚子,则滚压效果比采用钢球滚压更好,但滚柱两端倒角处应在砂轮上磨成圆弧(如图2-5所示)并抛光,使其粗糙度不大于 $R_a 0.1 \mu\text{m}$ 。

(2) 单珠式万能滚压器的设计与计算

单珠式滚压加工的主要目的,是降低被滚压内孔的表面粗糙度和提高精度。而表面粗糙度的粗细与滚压器的结构、钢球的大小、滚压杆的刚性等有密切关系。现将单珠式万能