

深孔加工刀具的切削力和孔圆度试验研究

王丽鹏^{1,2}, 沈兴全^{1,2}, 陈振亚^{1,2}, 郝黎旭^{1,2}, 高琳^{1,2}

¹中北大学; ²山西省深孔加工工程技术中心

摘要: 深孔加工是一种封闭状态下的加工方式,加工过程中会发生很多影响加工正常进行的问题。所以,深孔加工过程中存在切削力不稳定和孔的形状精度差等问题。为了研究枪钻加工工艺参数对切削力和孔圆度的影响。本文采用硬质合金枪钻作为深孔加工刀具,通过对深孔钻削的切削力和孔圆度的试验研究,得到了钻削工艺参数和切削力、孔圆度之间的关系,经过分析得出了影响加工孔圆度的原因。这一研究对深孔加工过程中工艺参数的选择具有十分重要的作用。

关键词: 枪钻;工艺参数;切削力;圆度

中图分类号: TG316;TH113

文献标志码: A

Experimental Study on Cutting Force and Roundness of The Deep Hole Machining Tool

Wang Lipeng, Shen Xingquan, Chen Zhenya, Hao Lixu, Gao Lin

Abstract: The deep hole machining is in the closed processing state, and the machining process is complicated. There are some problems such as instability of cutting force and poor shape accuracy in the process of deep hole drilling. In order to study the processing parameters of gun drill effect on the cutting force and the hole roundness. The carbide gun drill is used for deep hole drilling process and the influence of process parameters on the cutting force and hole roundness is obtained through the cutting force and hole roundness experiments, and the reasons affecting the processing of the hole roundness is obtained through analysis. This research has a very important role in selecting of process parameters in deep hole machining.

Keywords: gun drilling; process parameter; cutting force; roundness

1 引言

据有关资料显示,孔加工大约占整个机械加工体系的30%,深孔加工在孔加工工序中所占的比例是40%,制造行业中这一现象最为明显,深孔加工工艺变得越来越重要^[1-3]。与此同时,随着产品需求多样化,复杂结构的小直径深孔零件的需求也越来越大,同时对孔的形状精度要求也越来越高。例如模具类零件,此类零件上的孔的数量多,精度要求高。小直径深孔加工常用枪钻进行切削,枪钻钻削加工是一种封闭或者半封闭的、加工过程多变的加工状态。加工过程中没有办法观察到工件的加工情况,加工过程很不稳定,比一般的孔加工困难和复杂,经常产生各种故障和问题,影响到最终孔的形状精度和质量^[4]。

近年来,研究人员关于钻孔方面的问题做了很多的研究。张秋丽^[5]建立了平面型后刀面枪钻钻削力的数学模型,求出了钻削力与进给量切削工艺

参数之间的影响关系曲线。进一步确定出这些参数的合理取值范围。李保国等^[6]从枪钻钻削过程中工艺参数的选择、不同规格枪钻切削参数的优化等方面,介绍了枪钻加工深孔的方法。Cho N. 和 Tu J. ^[7]分析了零件圆度建模公差。表明主轴的运动误差可能会导致类似的圆度轮廓。Mehrabadi I. M. 等^[8]构建了刀具系统动力学模型。讨论了刀具动态运动轨迹,并且分析了这种情况下所产生的孔圆度形貌特征,最后运用实验证明了所提出的模型的正确性。Bierman D. ^[9]研究了主轴转速与 BTA 钻所加工的孔的圆度误差之间的关系。

从近几年的研究来看,国内外学者对钻削加工系统的研究不是很多,其中深孔钻削集中于对麻花钻和 BTA 钻的研究,关于枪钻加工工艺参数对切削力、孔圆度的影响很少有文献给出规律。本文通过试验,研究了枪钻加工工艺参数对切削力和孔圆度的影响。

2 试验条件和方案

2.1 试验设备

试验是在高效深孔钻镗床上进行的。机床的型

号是 ZWKA - 2108, 最大加工直径 $\phi 80\text{mm}$, 最大加工深度 3000mm ; 工件采用 45# 圆钢棒料, 尺寸为 $\phi 20\text{mm} \times 300\text{mm}$, 加工深度 175mm ; 枪钻的结构如图 1 所示, 本文实验中使用的枪钻材料是硬质合金, 直径 $D = \phi 6\text{mm}$ 。钻杆的长度 $l = 200\text{mm}$, 其弹性模量 $E = 6.1 \times 10^5 \text{MPa}$ 。试验中采用 Kistler 9257B 测量切削力。采集的频率是 1000Hz , 采集到的平均值作为此次试验中切削力的大小。采用三坐标测量仪测量圆度, 测量基准须和加工基准一致, 取多点进行测量, 由软件直接计算出圆度。本次试验中由于加工深度较大, 需在钻头头部采用导向套进行导向。并且工件重量偏大, 所以采用刀具旋转并进给的加工方式进行钻削加工。

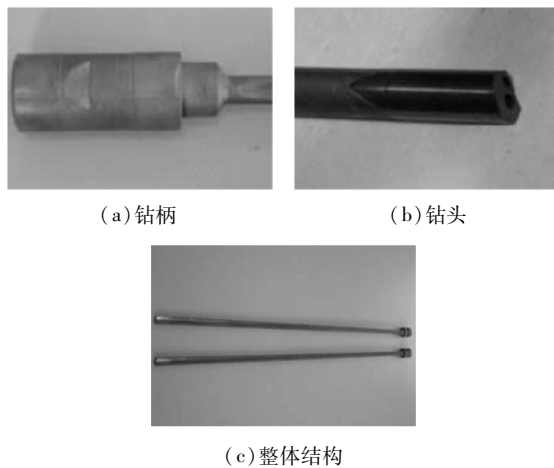


图 1 枪钻结构

2.2 试验方法与内容

根据文献[6]中的研究, 选取转速范围为 $2500 - 3500\text{r/min}$, 进给速度范围为 $35 - 45\text{mm/min}$, 钻杆的刚度通过中间支撑架的个数来表示, 支撑架的个数设置为 0、1、2。本次试验对每一个影响因素逐一进行试验, 为了确保试验的准确性, 对每一个影响因素进行 2 次试验, 并取平均值。在试验中, 由于枪钻长径比大, 刚性较差, 切削速度和进给速度应逐渐增大至规定速度。

由于枪钻加工属于定直径加工, 试验采用 $\phi 6\text{mm}$ 的枪钻在高效深孔钻镗床上进行加工。试验中研究主轴转速对切削力和圆度的影响时, 进给速度为 40mm/min , 转速分别为 2500r/min 、 3000r/min 、 3500r/min 进行试验, 采集到的数据见表 1。试验中研究进给速度对切削力和圆度的影响时, 转速为 3000r/min , 进给速度分别为 35mm/min 、 40mm/min 、 45mm/min 进行试验, 采集到的数据见表 2; 试验中研究钻杆刚度对切削力和圆度的影响时, 转速 3000r/min , 进给速度 40mm/min , 支撑架的个数分别

为 0、1、2 进行试验, 采集到的数据见表 3。

表 1 不同转速下的切削力和圆度

转速 (r/min)	切削力 (N)	圆度
2500	176.5	0.0436
3000	162.8	0.0451
3500	162.5	0.0377

表 2 不同进给速度下的切削力和圆度

进给速度 (r/min)	切削力 (N)	圆度
35	158.3	0.0466
40	161.4	0.0496
45	172.6	0.0838

表 3 不同支撑架个数下的切削力和圆度

支撑架的个数	切削力 (N)	圆度
0	162.6	0.0375
1	162.1	0.0306
2	161.2	0.0236

3 实验结果分析

3.1 枪钻加工工艺参数对切削力的影响

由表 1、表 2 和表 3 绘制出枪钻转速和切削力的关系如图 2 所示。图 3 显示的是进给速度和切削力的关系。图 4 显示的是不同支撑架个数和切削力的关系。

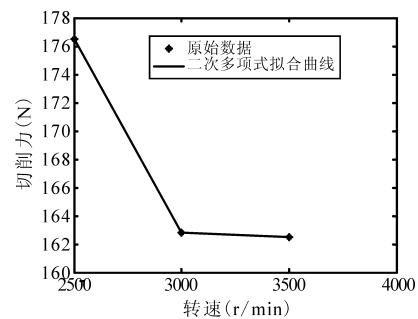


图 2 不同转速下的切削力

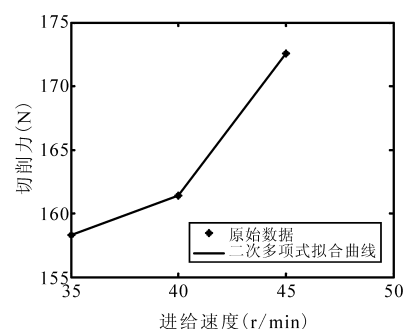


图 3 不同进给速度下的切削力

从图 2 中可以看出, 切削力随着转速的增大而减小。在 3000r/min 以后切削力的波动很小, 基本趋于稳定。进给速度很大的情况下, 转速的变化对切削力的影响很大。从图 3 中可以看出, 随着进给

速度的不断增大,切削力也在不断增大。随着进给速度的不断增大,切削力增大的幅度增加。转速较低的情况下,进给速度的变化对切削力的影响很明显。由图 4 可知,随着支撑架个数的增加切削力逐渐减小,刚开始时减小的幅度不大,支撑架个数大于 1 后,切削力减小的幅度明显增大。说明支撑架的个数对切削力的大小具有重要影响。

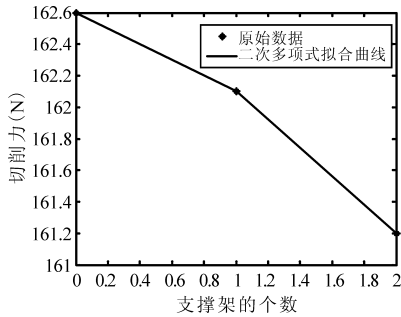


图 4 不同支撑架个数下的切削力

3.2 枪钻加工工艺参数对孔圆度的影响

由表 1、表 2 和表 3 绘制出枪钻转速和孔圆度的关系见图 5。进给速度和孔圆度的关系见图 6。不同支撑架个数和孔圆度的关系见图 7。

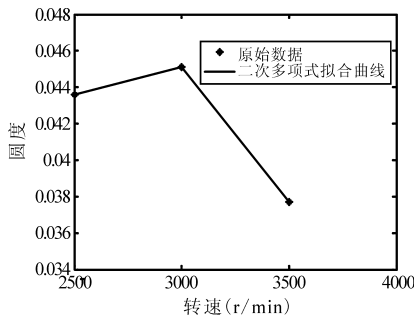


图 5 不同转速下的孔圆度

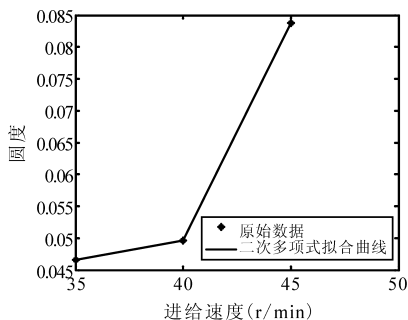


图 6 不同进给速度下的孔圆度

从图 5 中可以看出,开始时随着转速的增加圆度不是很好,转速继续增加圆度逐渐提高。3000r/min 是圆度变化的转折点,转速大于 3000r/min 后孔的圆度提高的幅度明显加快,说明此时所加工的孔明显更接近理论圆。从图 6 中可以看出,圆度随进给速度的增大变化波动很大,进给速度越大,圆度越

差,进给速度低时孔具有较好的圆度,与理论圆更接近。从图 7 可知,圆度随支撑架个数的增加而提高,并随着支撑架个数的增加,圆度变化的趋势较快,接近线型变化,说明孔的形状变得更圆。如图 8 所示,圆度是指孔的横截面形状接近理论圆的程度,也就是实际轮廓的两同心圆(内切圆和外接圆)之间的区域。

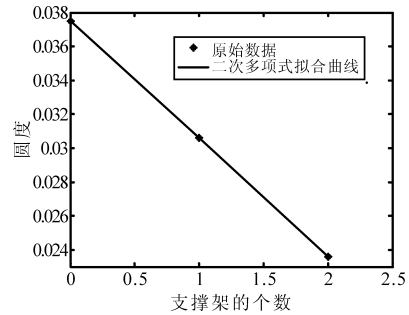


图 7 不同支撑架个数下的孔圆度

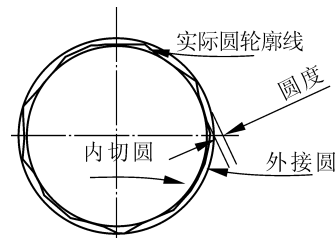


图 8 圆度

4 结语

(1)本次试验说明,切削力随着转速的增大而减小,随着进给速度的增大而增大,随着支撑架个数的增加切削力逐渐减小;进给速度很大的情况下,转速是影响切削力的主要因素;低转速时,进给速度是影响切削力的主要因素;增加支撑架的个数对减小切削力具有重要的作用;支撑架的个数直接影响枪钻钻杆的刚度,支撑架的个数增加,钻杆的刚度将得到提高。因此,提高钻杆刚度可以减小切削力。

(2)本次试验说明,孔圆度随转速的变化而变化,转速大于 3000r/min 时孔圆度随转速的增大而减小,钻削加工时要恰当的选择转速;孔圆度随进给速度的增大而增大,加工孔时要选择低进给速度。孔圆度随支撑架个数的增加而减小,增加支撑架的个数可以提高枪钻钻杆的刚度,说明提高钻杆刚度可以提高钻孔的圆度。

(3)本次试验说明,影响切削力的因素同样可以影响孔的圆度。切削力的变化导致加工过程中发生振动,导致加工刀具中心的位置变化,使最后加工出的孔的截面形状与理论圆的形状相差较大。说明

加工过程中发生的振动、切削力的变化是影响孔圆度的重要因素。

(4)通过试验分析加工过程中切削力变化的特点得出,加工过程中切削力变化小,振动发生的振幅也将减小;刀具中心位置的变化减小,最终使加工出的孔圆度得到提高。说明降低加工中的振动、减小切削力的变化都将会提高孔的圆度。

(5)通过试验可知,降低进给速度,适当增大转速,提高钻杆的刚度,不仅可以降低加工过程中的切削力,也可以提高孔的圆度。

参考文献

- [1]杨微,周威,杨力,等.深孔加工技术研究进展[J].硬质合金,2016,33(2):141-146.
- [2]李峰.枪钻在深孔加工中的应用[J].机床与液压,2017,45(4):198-201.
- [3]孔令飞,牛哈,侯晓丽,等.锯齿内排屑刀具深孔加工中的刀具振动特性对孔圆度形貌的作用机制[J].兵工学报,2016,37(6):1066-1074.
- [4]叶宝根.浅析小直径深孔的机械加工[J].科技风,2015(16):82.
- [5]张秋丽.平面型后刀面枪钻的钻削力数学模型及有限元分析[D].长沙:湖南大学,2007.
- [6]李保国,强俊花.枪钻钻削深孔的切削参数探索[J].机械制造,2013,51(12):49-50.
- [7]Cho N,Tu J.Roundness modeling of machined parts for tolerance analysis[J].Precision Engineering,2001,25(1):35-47.
- [8]Mehrabadi I M,Nouri M,Madoliat R. Investigating chatter vibration in deep drilling, including process damping and the gyroscopic effect[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2009, 49(12-13):939-946.
- [9]Biermann D,Sacharow A,Wohlgemuth K. Simulation of the BTA deep-hole drilling process[J]. Production Engineering, 2009, 3(4-5):339.

第一作者:王丽鹏,硕士研究生,中北大学,太原市 030051

First Author:Wang Lipeng,Postgraduate,North University of China,Taiyuan 030051,China

《现代刀具设计与应用》征订



《现代刀具设计与应用》由成都工具研究所、行业协会和专业学会及标委会组织高等院校、科研院所、刀具企业和用户企业的10余名刀具专家编写,国防工业出版社出版。本书介绍了近20多年来在先进制造技术快速发展过程中切削加工工艺的发展趋势,全面反映了切削技术和刀具专业所取得的新进展。

全书600余页,大16开,130余万字,共15章,分成两篇。第一篇为刀具设计基础,共7章,介绍金属切削基本原理、刀具材料、刀具几何参数及结构设计、刀具涂层、工具系统及刀具装夹技术和刀具标准等现代刀具设计应用的基础知识;第二篇为刀具应用技术,共8章,内容涵盖了为获得最佳加工效果和正确应用刀具的系统专业知识,包括工件材料可加工性、切削数据库、切削冷却润滑等基础知识以及高速、高效、硬切削、干式切削等切削新工艺,刀具动平衡和

安全技术、加工表面完整性、铣削走刀路线及编程方法和刀具管理等切削刀具专

业的新技术。内容翔实新颖,充分显示了刀具应用技术在现代切削技术中的重要性。本书可供从事金属切削专业技术工作的工程技术人员、科研人员在开发刀具新产品、应用切削新工艺、提高加工效率、降低加工成本等实际工作实践中使用,也可作为高等或中等专业学校机制专业师生的参考书及各类切削技术和刀具培训班的教材。本书对刀具制造企业开展技术创新和提高为用户服务的能力起到积极作用,为提升我国装备制造业切削加工技术水平具有重要的现实意义。

本书定价128元,欢迎专业工作者及专业图书资料部门订阅,联系方式:

四川省成都市府青路二段24号 工具技术杂志社发行部

电话:028-83245073

邮箱:toolmagazine@163.com