

doi: 10.7690/bgzd.2018.12.011

等壁厚螺杆钻具高效加工工艺技术

范华献, 钟 诚

(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对目前国内等壁厚螺杆钻具加工存在的不足, 对等壁厚螺杆钻具高效加工工艺技术进行研究。阐述等壁厚螺杆钻具加工的特点以及现状, 从专用拉床、专用控制系统和工艺过程等 3 方面出发, 进行加工等壁厚螺杆钻具的加工工艺技术研究, 并通过实验验证。实验结果表明, 该技术能够实现等壁厚螺杆钻具的高效加工。

关键词: 等壁厚螺杆钻具; 深孔拉削; 深孔加工技术

中图分类号: TP2 **文献标志码:** A

High Efficiency Processing Technology of Equal Wall Thickness Screw Drill

Fan Huaxian, Zhong Cheng

(Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: In view of the shortcomings in the processing of equal wall thickness screw drills in China, the efficient processing technology of equal wall thickness screw drills is studied. This paper expounds the characteristics and current situation of processing of the equal wall thickness screw drilling tools. Processing technology research of the equal wall thickness screw drilling tools is carried out based on special broaching machine, the special control system and the process. It is verified by experiments. The experimental results show that the technology can realize the efficient machining of equal wall thickness screw drill.

Keywords: equal wall thickness screw drill; deep hole broaching; deep hole processing technology

0 引言

等壁厚螺杆钻具的加工属于深孔加工, 而深孔加工是机械行业中难度较高的一项加工技术^[1]。目前, 国内主要采用电解工艺, 但在加工稳定性、加工质量、电极制作、环保排污等方面存在问题; 虽然国内还有采用拉削加工的方法, 但在螺旋曲面精度、工人劳动强度、新产品试验等方面仍存在难以突破的技术或成本瓶颈。笔者从专用拉床、专用控制系统和工艺过程 3 方面出发, 进行了加工工艺技术研究, 并通过了实验验证, 实现了等壁厚螺杆钻具高效加工。

1 等壁厚螺杆钻具加工专用装备

1.1 等壁厚螺杆钻具

等壁厚螺杆钻具(图 1)是在非等壁厚螺杆钻具(图 2)基础上发展而来, 在深井、大位移井、短半径井应用中显示出比非等壁厚螺杆钻具更大的优势。

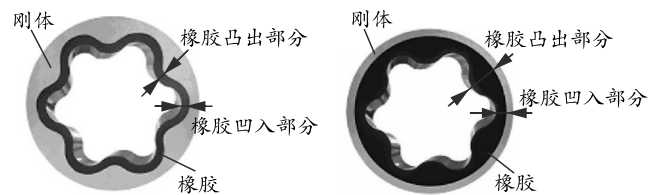


图 1 等壁厚螺杆钻具

图 2 非等壁厚螺杆钻具

1.2 等壁厚螺杆钻具加工拉床

等壁厚螺杆钻具加工拉床如图 3 所示。

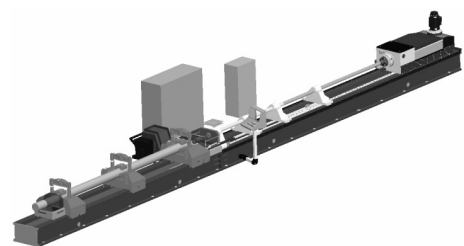


图 3 等壁厚螺杆钻具加工拉床

等壁厚螺杆钻具加工拉床主要由床身、主轴箱机构、拉刀机构和数控系统等组成^[2]。机床床身作为整个机床的基础, 为主轴箱机构提供运动轨道及工件安装的支撑座, 确保主轴箱机构的平稳运行及运行精度, 工件床身上安装有 3 个夹具, 手动调整夹具使工件对中和定位^[3]。

收稿日期: 2018-10-13; 修回日期: 2018-11-15

基金项目: 四川省科技成果转化项目(2016CC0028); 省级知识产权专项资金支持项目(2017-ZY-00084)

作者简介: 范华献(1975—), 男, 四川人, 学士, 高级工程师, 从事数控技术及装备研究。

主轴箱机构主要包含 X 轴(刀具螺旋槽深度方向运动)、 Z 轴(刀具沿工件轴线的直线运动)、 C 轴(刀具沿刀杆轴线的旋转运动)^[4]3 部分。 Z 轴和 C 轴联动完成刀具的螺旋运动, X 轴完成刀具的进刀/收刀动作。 X 轴能精确控制加工槽深度,保证螺旋槽的形线与要求相符。

拉刀机构主要由刀杆、刀头及拉刀组成。刀杆连接刀头与主轴箱机构,带动刀头在工件内孔作螺旋运动,拉刀机构同时完成升刀/收刀动作。刀头不仅作为拉刀的安装基座,而且与工件内孔精确配合,保证刀具运动轨迹准确。拉刀切削刃口形状根据工件螺旋槽形状进行设计,保证经过螺旋切削后的形状与要求一致,当刀具上升到设定高度后,加工出来的螺旋槽才能满足加工要求。

1.3 专用数控系统

专用等壁厚螺杆钻具加工拉床采用中国兵器装备集团自动化研究所有限公司开发的专用数控系统。该数控系统专为等壁厚螺杆钻具加工拉床设计、开发,针对等壁厚螺旋钻具的加工特点,系统内部集成了螺杆钻具的加工工艺,通过简单的参数设置就可以完成各种型号螺旋线的编程,操作简单,同时系统具有轨迹插补、过载保护和分阶段自动调节进刀量等功能,保证了加工的质量。

1.4 运动过程概述

系统加电并启动,各轴回到加工工艺设置的基准位置,在安全加载了指定的加工程序后,开始自动加工运动过程:

1) 负向运动阶段。

Z 、 X 、 C 均在基准位置,作为循环过程开始的位置,在 Z 轴电机的驱动下,主轴箱带动刀杆往负向运动,先后经过低速导向进入、开启冷却液、高速返程到远端换向点。在此运动过程中, C 轴电机驱动刀杆按加工轨迹要求进行同步旋转运动。

2) 远端换向点升刀。

到达远端换向点, Z 、 C 轴运动停止,进刀机构在 X 轴电机的驱动下,将水平的轴向运动经换向机构转换为刀片的径向运动,完成切削深度的增量进刀。

3) 正向运动阶段。

在 Z 轴电机的驱动下,带动主轴箱驱动刀杆往正向运动,先后经过低速切入、高速拉削、关闭冷却液然后运动到近端换向点。在此运动过程中, C 轴电机驱动刀杆按型线轨迹进行同步旋转运动。然

后开始进行下一个循环,直至加工完成。

2 加工工艺过程

2.1 专用刀具设计

由于等壁厚螺杆钻具的截面曲线为多瓣内摆线,曲线复杂,如果严格按照曲线方程进行加工,刀具的制造成本将非常昂贵,不适宜大范围推广。考虑到螺杆钻具的使用实际情况,需要在螺旋曲面上浇铸一层橡胶,可以适当降低其对螺旋曲面的要求;因此,采用多段圆弧和直线拟合的方式替代内摆线,由矩形拉刀和弧形拉刀配合加工,组成专用刀具组,可提高刀具加工工艺性,降低制造成本^[5]。

2.2 拉削过程工艺优化

等壁厚螺杆钻具定子内部螺旋槽的加工是一项复杂而困难的工作,螺旋槽的等分、槽形尺寸以及表面粗糙度均有比较高的要求。目前,理论上提出的使用螺旋槽拉刀拉削方式或者铣削与拉削结合的方式均存在刀体结构复杂难以制造、加工工艺难以实现的困难,根据已成功实施的深孔螺旋拉削方式,将等壁厚石油钻具的加工过程分成螺旋槽截面的矩形齿拟合和成型刀成型拉削 2 部分。

对拉削过程工艺优化如下:首先在数控深孔螺旋拉床上安装拉刀机构,根据需要调整机床 X 轴(矩形刀片齿升量)、 Z 轴(拉削方向)、 C 轴(Z 轴的旋转方向)及辅助装置等;之后在数控系统上根据定子的长度、螺旋角、导程等输入拉削参数,确定 X 、 Z 、 C 轴的工作零位(以下“回到工作零位的运动”简称“回零”)并回零;安装一组矩形刀片,在 X 轴上进给一个齿升量, Z 、 C 轴联动完成一组拉削,加工出可拟合螺旋槽的多组矩形槽。

完成矩形槽加工后,将所述 X 、 Z 、 C 轴回零,拆卸矩形刀片后,在拉刀机构上安装成形弧形拉刀,重复以上过程在 X 轴上进给一个齿升量, Z 、 C 轴联动完成多次拉削,通过半精加工和精加工拉削出螺旋槽。

通过合理划分工艺流程,拉削过程更平稳,加工效率更高;拉削刀具制造容易,且采用镶装刀片,可有效降低拉削成本;提高拉削精度,保证表面粗糙度稳定;螺旋槽的高质量拉削保证橡胶层薄且均匀,有效提高钻具寿命。

2.3 参数化自动编程

根据螺旋形线的特征,采用专用的参数化自动编程方式,广泛地适应了不同线形的产品轨迹输入。

操作者只需根据工件本身的工艺信息，输入相关参数，系统将自动完成轨迹数据的生成和应用，不但

减少了编程时间，而且保证了编程的正确性，间接提高了生产效率。图 4 为自动编程相关信息。



图 4 参数化自动编程

2.4 进刀过程数字化

等壁厚螺杆钻具的加工过程采用组合刀具加工的方式。组合刀具按顺序使用，不同刀具在刀具基准、过程速度和进刀量等方面均存在较大差异。为了提高加工过程的自动化程度以及减少操作者的参与程度，使整个加工过程更加流畅，进一步缩短过程时间，建立以刀具类型编号为索引的自动加工表，由数控系统识别刀具号，自动取得成套的加工参数来控制整个加工过程。该自动加工表的形式描述如图 5 所示。



图 6 用户现场加工实物

矩形拉削信息					
刀具信息	矩形	进刀过程			
速度信息	返程低速	12000mm/min	过程描述	进刀位置	进刀量
	返程高速	15000mm/min	1、空位接刀	1.45	0.2
	拉削速度	6000mm/min	2、正常拉削	1.65-->2.05	0.2
基准位置	X	-40	2.05-->6.85	0.15	
	C	临时对刀获得			
	Z	-560			
工件信息	沟槽条数	8			
	刀具把数	2			
电子凸轮	口径	117			
	近端终点	-568			
	远端终点	-4568			
	冷却启停	-570			
远端换向点	-4620				
辅助信息	1、运动前确保X轴解锁； 2、自动加工前确保变频器关闭				

图 5 自动加工表结构

2.5 辅助过程标准化

一根工件从装夹到最后成型，其间有许多的辅助环节，将这些辅助环节进行标准化，可以大大减少辅助过程的完成时间，进一步缩短工件的整体完工时间。这些辅助环节包括工件装夹、工件对正、刀具装夹与拆卸、加工循环出口除屑和切削深度径向测量等。

2.6 实物效果

图 6 为实物加工效果。

3 结束语

基于上述加工工艺研究与实验验证，研究结果在用户产品的加工中得到了最终应用。目前，专用装备及成套的工艺方法已经内嵌于专用控制系统中，并已成功地在用户现场完成了多型号产品的加工，使产品精度得到了显著提升^[6]，完全达到了预期的设计研究目的。随着进一步的推广应用，该成套装备将彻底改变行业内这类产品的加工现状，在加工质量、生产效率方面将有明显的改变。

参考文献：

- [1] 赵荣. 基于深孔镗床的内扩孔加工技术研究与应用[D]. 太原: 中北大学, 2012: 1-2.
- [2] 陈昌金, 尹健. 虚拟样机技术在数控深孔螺旋拉床整机设计中的应用[J]. 兵工自动化, 2008, 27(2): 65-67.
- [3] 王新科, 范华献. 深孔拉削过程的掉电应急技术研究[J]. 兵工自动化, 2018, 37(3): 42-45.
- [4] 陈昌金, 尹健, 王体洋. 深孔沟槽拉削工艺及装备[J]. 兵工自动化, 2014, 33(9): 31-32.
- [5] 朱永猛, 吴军, 吴超勇, 等. 基于自适应神经模糊推理系统的刀具磨损监测[J]. 兵器装备工程学报, 2016(9): 115-118.
- [6] 尹健, 杨眉, 陈昌金. 基于 Ansys Workbench 等壁厚螺杆钻具定子切削仿真分析[J]. 兵工自动化, 2016, 35(1): 55-57.