

CNC 可换刀高压水去毛刺清洗应用开发

徐向明

(美格威(宁波)工业技术有限公司 浙江 宁波 315200)

摘要: 文章论述了 CNC 可换刀高压水去毛刺清洗中心的开发, 详细介绍了高压水换刀装置的功能, 自密封高压中心出水主轴, 带 BT40 刀柄高压水刀的高压密封设计及去毛刺、清洗刀的设计。生产实践证明, CNC 可换刀高压水去毛刺清洗中心高压水换刀装置性能良好, 通过更换不同类型的高压水刀对复杂形面去毛刺和清洗的效果良好。

关键词: CNC; 高压自密封; 换刀; 去毛刺刀; 清洗刀

0 引言

毛刺是金属切削加工的必然产物, 也是金属切割理论研究中迄今为止尚未解决好的两大难题之一。对于精密零件, 毛刺不仅影响零件的精度, 而且在使用过程中还可能造成设备的磨损, 严重情况下甚至造成伤害事故。

在毛刺的危害越来越引起重视的情况下, 去除毛刺的工艺方法在实际生产中也不断在发展, 自动化程度也越来越高。除了传统的机械去毛刺, 还有以下几种方法: 化学去毛刺、电解去毛刺、超声波去毛刺、磁力研磨去毛刺、高压水去毛刺。

高压水去毛刺是一个柔和的、去除效果较彻底的处理过程, 在去除零件内部加工过的交叉孔道、台肩孔和螺紋孔的毛刺的同时, 还可对零件型腔进行清洗。

1 研发背景

1.1 高压水去毛刺原理

高压水射流去毛刺清洗技术是近几年从高压水射流加工技术上衍生出来的一项技术。高压水射流去毛刺的基本原理是利用水作为工作介质, 经过增压泵增压后, 以超音速从特定设计的喷嘴射向目标工件毛刺靶位, 瞬间冲击力在工件毛刺根部形成巨大的应力, 使毛刺折断而剥落, 同时对零件表面进行清洗。

1.2 CNC 可换刀式高压水去毛刺研究现状

高压水射流去毛刺清洗技术作为水射流的低压应用, 其研究始于 20 世纪 80 年代, 目前已从功能单一的平面应用逐步向适用于复杂工件的数控多功能、柔性化产品发展。CNC 高压水数控去毛刺设备已逐步进入工程应用, 包括德国、日本和美国均开发了相应的产品, 但目前只有日本丰禾公司近年开发的换刀式去毛刺清洗中心解决了喷杆高压接触式密封难题, 其压力达 50MPa, 提高了复杂零件的去毛刺清洗效率和精度。

国内高压水射流去毛刺技术的研究起步于 20 世纪

90 年代。2000 年以后, 随着国内水射流技术、数控技术的逐渐成熟, 国内开发的此类设备主要是数控平面单轴型固定喷嘴高压水去毛刺机。近年来, 我国对 CNC 可换刀高压去毛刺机也开展了相关研究工作, 但由于动态密封的难度较大, 研究工作进展缓慢。

2 总体设计

2.1 系统组成

CNC 可换刀高压水去毛刺清洗中心由数控系统、CNC 可换刀去毛刺清洗机、水处理系统及高压水系统组成。CNC 可换刀高压水加工中心采用西门子数控系统 SINUMERIK-808D。CNC 可换刀高压水去毛刺清洗中心系统图见图 1。

主要技术指标:

工作压力: 35 ~ 50MPa;

流量: 20L/min;

主轴行程: X=700mm、Y=500mm、Z=500mm;

主轴转速: < 500r/min;

定位精度: 50 μm;

ATC 刀库: 4 把带 BT40 刀柄喷杆(刀);

水处理: 三级;

过滤精度: 5 μm。

2.2 系统功能介绍

控制系统方面, 系统控制器采用西门子 PLC SP-300, 配备数字量和模拟量扩展模块、连接触摸屏、西门子数控系统、外部数据采集模块、数控系统带 RJ45 以太网口。

控制器软件部分由通讯模块、命令解析模块、手动控制模块、程序运行模块、编辑设置模块、故障检测模块和诊断模块等组成。

水处理系统进行集成化设计, 含三级过滤装置, 出水过滤精度达 5 μm, 包括水箱、循环泵、多级过滤系统、液位检测系统、压力检测系统和除油装置等。

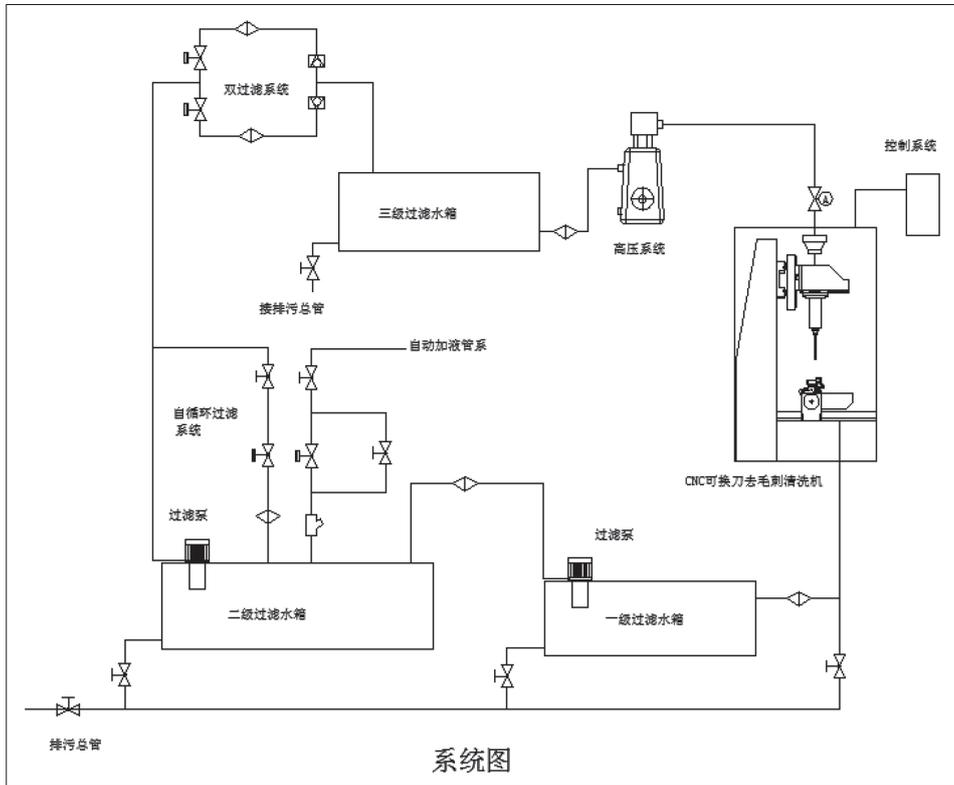


图1 CNC可换刀高压水去毛刺清洗中心系统图

高压水系统由进口高压柱塞泵、高压水系统压力调节技术、稳压装置、压力检测、系统故障诊断技术及安全保护装置组成。

CNC可换刀高压去毛刺清洗机部分包括床身、伺服驱动装置、伺服旋转平台(第五轴)、自密封高压中心出水主轴、带BT40刀柄喷杆(刀)库及ATC自动换刀系统,刀库可根据不同零件去毛刺要求加装不同的去毛刺喷刀和清洗刀,可分别用于交叉孔、台阶、螺纹孔、平面等部位的去毛刺和清洗工作。为了避免高压水对机械部分和电机的影响,以及有利于水循环,相较于传统金属切削加工中心工件做X轴和Y轴方向运动,CNC可换刀式高压水加工中心设计成由刀具作X轴和Y轴方向运动。

CNC可换刀自密封高压中心出水主轴,以及与带BT40刀柄高压水刀的高压自密封联接装置的开发,是CNC可换刀高压水去毛刺清洗中心额核心关键技术。自密封高压中心出水主轴已申请实用新型专利,专利号:CN201921972052X,发明专利公告号:CN211160915U。

3 关键技术开发

固定式安装高压水刀只能对工件特定表面进行加工,对工件的其他表面加工时需要人工进行换刀,效率低,因而

不能充分发挥CNC高压水去毛刺的功能。本项目研发的可换刀高压自密封技术使CNC高压水去毛刺清洗中心实现高压水刀的在线更换。

可换刀式高压自密封技术有如下特点:自动密封压力与系统压力成正比,应用可达50MPa,提高了密封的可靠性;采用活塞杆的球面与高压水接头的锥面密封,可减小密封面磨损,提高了换刀装置的寿命;刀具互换方便快捷,可实现刀具工作过程在线更换;根据使用环境,可满足大流量要求。图2所示为CNC可换刀高压去毛刺清洗机组成结构图。

3.1 自密封高压中心出水主轴设计

自密封 $F_s = T + M_1 \times P - M_2 \times P$ 高压中心出水主轴包括刀具夹具装置和刀具自动压紧密封装置(图3)。装刀时,拉杆松开时在弹簧

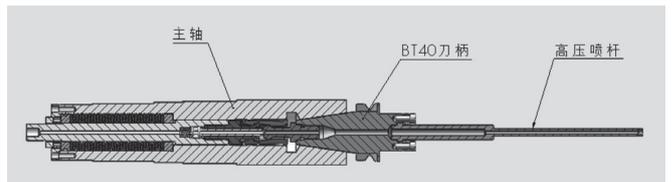


图2 CNC可换刀高压去毛刺清洗机结构

力的作用下带动拉爪压块,使拉爪抱箍住带BT40刀柄高压水刀的高压接头;同时活塞顶杆在预紧弹簧的作用下使活塞顶杆球面压紧在高压水接头的锥面上,实现活塞顶杆与高压水接头自密封;拉杆、活塞顶杆、高压水接头及高压水刀的中心流道通入高压水时,施加在活塞顶杆端的高压水压力提高了活塞顶杆和高压水接头接触面压力,密封压力与水压成正比。密封压力 F_s 计算公式:

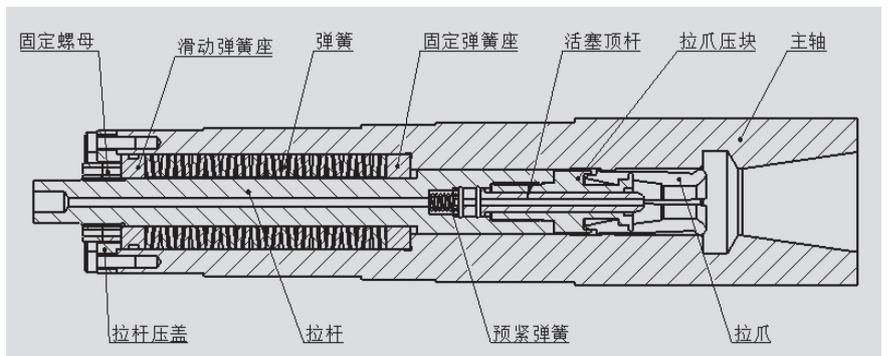


图3 自密封的高压中心出水主轴结构图

$$F_s = T + M_1 \times P - M_2 \times P \quad (1)$$

式中, T 为弹簧力; M_1 为顶杆活塞面积; M_2 为顶杆密封端面积; P 为高压水压力。

退刀时, 拉杆中的高压水先泻压, 活塞顶杆与高压水接头仅受预紧弹簧力, 拉杆受力下压带动拉爪压块, 使拉爪张开, 在预紧弹簧的作用下, 活塞顶杆顶出带BT40刀柄联接的高压水刀, 重复整个过程从而实现自动换刀。

3.2 带 BT40 刀柄高压水刀的互换性及密封设计

考虑到高压水刀的互换性, 高压水刀的刀柄设计通过改进标准的 BT40 刀柄接口, 使 BT40 刀柄能满足高压水条件下的应用。为了实现主轴与高压水刀的高压自密封, 在 BT40 刀柄上设计了带锥面的高压水接头, 高压水接头与自密封高压中心出水主轴的活塞顶杆采用球面锥面硬密封设计, 在满足高压条件下实现了刀具的可换性。图 4 所示为带 BT40 刀柄高压水刀的互换性及密封设计图。

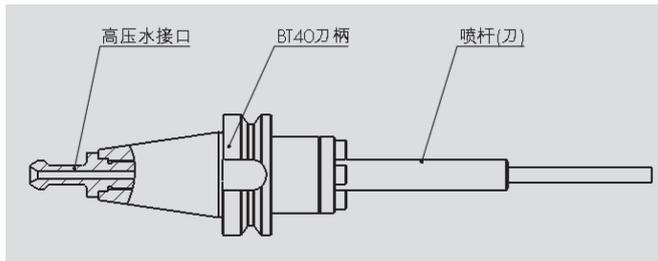


图 4 带 BT40 刀柄高压水刀的互换性及密封设计图

3.3 去毛刺射流喷嘴的设计

在一定压力和保证流量的条件下, 高压水从喷嘴射流的打击力与射流的截面扩散直接相关, 集中度越好打击力越大。从喷嘴出口直至锥形射流端部的水射流阶段称为原始段, 亦称核心段。这段射流的特点是沿轴向的动压力值几乎是常数, 射流尖端的动压和喷嘴出口的动压是相同的。原始段的长度可以通过喷嘴直径来计算, 随着喷嘴孔径的增加, 此核心段的长度也增加, 即:

$$L_y = (70-140) d_z \quad (2)$$

式中, L_y 为射流原始段长度, mm; d_z 为喷嘴孔径, mm。

设计时孔径取值: 在 50MPa 压力下, 50mm 射程直径发散度 < 10%。

通过选用与工件形状相适应的喷嘴, 可用于其他方法难以实现的复杂形状工件的去除毛刺作业。经设计、测试, 调整射流方向、喷射角度, 去毛刺水刀喷

嘴直径选用 0.8 ~ 1.2mm, 在 50mm 射程内控制发散度 < 10%。

对于零件表面的清洗, 清洗压力明显小于去毛刺所需压力, 在清洗刀具设计上利用基本段末端射流, 在保持一定清洗压力条件下充分利用射流的扩散面。为了满足不同表面的清洗要求, 清洗水刀喷嘴直径选用 1.2 ~ 2mm, 通过改变喷嘴口倒角的尺寸来控制基本段长度。设计的去毛刺水刀和清洗水刀如图 5 所示。

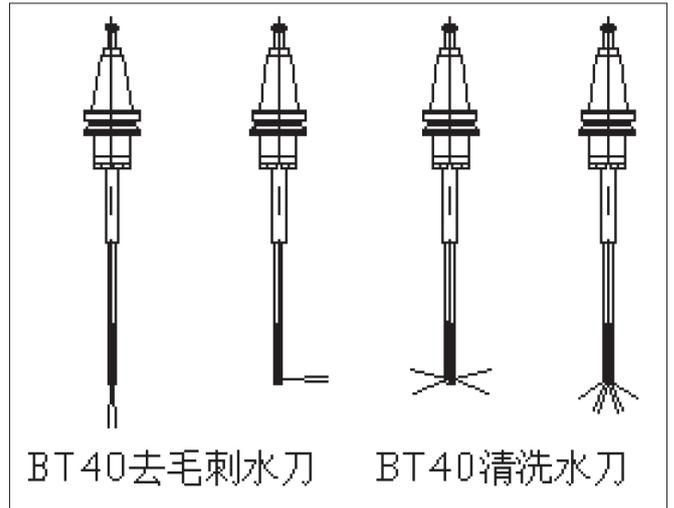


图 5 去毛刺水刀和清洗水刀设计图

3 结语

CNC 可换刀高压水去毛刺清洗中心可广泛应用于汽车发动机、变速器和 ABS 阀体制造, 气动液压阀件制造, 发动机喷油体制造, 航空发动机及控制系统零部件制造等。本项目的设备开发使原来只能使用固定高压喷刀去毛刺应用实现了真正意义上的 CNC 数控高压去毛刺清洗, 尤其对复杂型面, 如深孔、交叉孔的零件的高压去毛刺清洗, 减少了二次装夹和人工换刀步骤, 提高了高压去毛刺清洗柔性化水平, 使 CNC 高压去毛刺清洗成为一种通用性广和效率更高的自动去毛刺清洗设备。

参考文献:

[1] 陈世平, 罗辑, 石军. 金属切削加工中的毛刺问题[J]. 机械设计与制造, 2004(5):36-39.
 [2] 陈玉凡. 高压水射流打击效率理论分析[J]. 清洗世界, 2006(10):32-35.
 [3] 家成昭重(日). 水力喷射去毛刺[J]. 工具技术, 1994(11):29-30.