

电机智能制造中轴料加工工艺的改进^{*}

任志淼, 黄先锋

(1. 山西水利职业技术学院, 山西 太原 030027;

2. 上海电科电机科技有限公司, 上海 200063)

摘要: 针对批量的电机轴料加工的过程进行研究, 在智能制造前提下, 通过对轴加工工艺改进, 设计了智能轴料加工的工艺模型。在双动力智能车床组合的基础上, 由集成工控机集中协调机床组合、桁架机器人和关节机器人, 搭配自动上、下料系统, 组成一个智能化的自动轴料加工单元。自动加工单元具备软硬件双重保护功能, 有很强的检测、监测运行功能, 并自带数字通信系统, 纳入智能数字化车间管理系统。

关键词: 电机; 智能制造; 自动轴料加工; 通信系统

中图分类号: TM 305 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2018)07-0127-04

Improvement of Shaft Material Processing Technology in Motor Intelligent Manufacturing^{*}

REN Zhimiao, HUANG Xianfeng

(1. Shanxi Water Technical & Professional College, Taiyuan 030027, China

2. Seari Motor Science and Technology Co., Ltd., Shanghai 200063, China)

Abstract: On the premise of intelligent manufacturing, the process model of intelligent shaft material processing was designed on the premise of intelligent manufacturing. On the basis of the combination of the dual power intelligent lathe, the integrated industrial control machine was centrally coordinated the machine tool combination, the truss robot and the joint robot, and the automatic up and down feeding system was used to make up an intelligent automatic spindle processing unit. The automatic processing unit had dual protection function of hardware and software. It has strong detection, monitoring and running function, and brings the digital communication system to the intelligent digital workshop management system.

Key words: motor; intelligent manufacturing; automatic shaft processing; communication system

0 引言

电机是机械制造的基础产品, 在机械制造、节能环保等战略性新兴产业中具有重要作用。我国是世界最大的电机生产、出口国, 却非制造强国。欧洲知名电机制造商如西门子、ABB 等, 采用先进的智能化生产工艺和装备, 已实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产方式。我国电机制造的核心加工设备、加工工艺以及智能化制造方面与国际先进水平仍存在较大差距, 电机智能制造基本属于

空白。为此, 电机行业亟需开展集智能制造关键技术装备研发、关键工艺模型研究和建设, 并以此提升我国电机制造业整体水平。

电机的主要部件制造分轴、机座、端盖和定、转子铁心的制造等。其中电机轴在电机中担任着电能转变为机械能输出的任务, 精度要求高, 连接转子铁心和端盖、轴承, 是电机中关键部件之一。电机轴的加工质量直接影响电机的质量, 电机智能制造中轴加工工艺的改进尤为重要。

^{*} 基金项目: 山西省教育科学规划课题(GH-17141)

作者简介: 任志淼(1971—), 女, 研究方向为控制理论与控制工程。

1 电机轴加工的传统工艺过程

电机的轴加工分如下几道工序:下料,铣削轴端面、打基准中心孔,粗车、精车,铣削键槽和风扇卡槽,磨轴承挡、轴伸挡、铁心挡(根据需要),如图1所示。



图1 传统轴料加工流程图

(1) 下料工序。由锯床将圆钢锯成需要的长度轴料毛坯,转入下一道工序。

(2) 钻孔工序。要将轴料毛坯两端的毛面根据要求铣平,还要保证轴料的总长度;然后由锥形中心孔钻钻出锥度中心孔,作为金加工的基准。有部分电机按客户要求,轴伸端面需要打孔攻丝的,需要先加工端孔,再打锥度基准孔,以保证加工的基准不变。有的在平面中心孔机床上打好孔,再拿去钻床上钻端面孔和攻丝;也有的在1台机床上实现,对机床要求高。

(3) 车削工序。传统的轴车削工序,一般有普通车床或普通数控车床两端顶住轴毛料,先车削轴一端的台阶,再调头车另一端。一般分粗车和精车两道加工。为了提高效率,很多电机厂采用2台车床对面摆,1台车床车轴的一头,再换另1台车床车轴的另一头,以提高加工效率。或者3台车床呈三角形摆放,粗车完再精车,循环转运,也由一个人操作,利用车床加工的间隙,进行工件的转运和测量。

(4) 铣削工序。将车好的轴固定在铣床工作台上夹紧,防止在铣削加工中轴的滚动影响键槽的对称度。先铣削轴伸端键槽,再调头铣削风扇端的风扇卡槽。分立铣和卧铣两种工艺,对应加工出的键槽有闭口和开口之分。目前出口电机基本要求是立铣的闭口椭圆键槽。所用的铣床分卧铣床和立铣床,以对应所铣键槽的加工要求。

(5) 磨削工序。顶针将电机轴顶住,磨削轴伸挡,再磨两端轴承挡。根据各个厂加工工艺的不同,有时铁心挡也需要磨削加工,以适应转子铁心内孔的粗糙度的配合。

按工艺和作业习惯的不同,有时先铣削加工后再磨削,有时先磨削加工后再铣削加工。两种

工艺各有利弊。先铣再磨工艺,磨削时,因为轴伸端端键槽已铣好,在磨削中,键槽会对磨削砂轮造成冲击,影响磨削加工的精度和砂轮的质量。先磨后铣工艺,铣削时,因为轴承挡和轴伸挡已经过磨削加工,一旦发生磕碰,难免影响装备和整机的质量;再者,铣削加工后,键槽边口难免有毛刺,只能手工去毛刺,效率低,还存在轴伸端精加工面擦碰的可能。两种工艺加工管理和作业习惯不同,需要在薄弱环节加强管理,以保证质量。

传统工艺中,不论是车削工艺,还是铣削和磨削工艺,都存在多次调头、多次夹装等问题。轴料在加工过程调头,重新装夹,存在基准偏差问题,存在给加工造成偏差的可能,影响加工精度和质量的一致性,质量保证难度高。像车床加工中,先车轴一端的台阶,车好后,取下毛轴,调头再车另一端,装、夹时很容易造成微小的偏差,影响轴加工的精度和同轴度。轴加工同一工序的调头的转运,小的轴料,人工取件上下料,大的轴料需借助吊装工具;工序间的转运,一般成批加工好再转至下一道工序,靠转运工具如铲车或行吊,效率低,转运慢,能耗高;有时还需专配搬运工,人力成本高。

在传统工艺中,基本上是一道工序一个人,尽管有一个人看2台或3台机床的情况,但人力成本高是电机厂的一大特点,也是电机成本高的原因之一。

2 关于电机轴加工的工艺改进

工信部智能制造指南要求实现生产效率提高20%以上,运营成本降低20%以上,产品不良率降低20%以上,单位产值能耗降低10%以上。基于此要求,也基于电机轴加工的效率低、速度慢、工序多、人工成本高等情况,特别是对批量比较大的轴料加工更是如此,故需对电机轴加工进行工艺改进。从轴料加工的钻中心孔、车、铣、磨等工序综合考虑,采用双动力头智能数控车床、数控斜式车床组合单元和转运机械人系统,建成轴加工智能自动化单元,以解决批量大的轴料加工成本高的问题。电机轴自动化加工单元布局模型示意图如图2所示。

电机轴自动加工单元包括:轴毛料自动上料仓、智能双动力头车床+斜式数控车床组合、数控

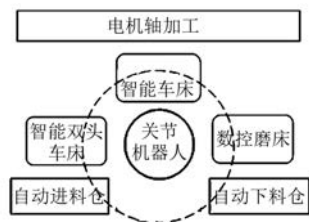


图2 电机轴自动化加工单元布局模型示意图

磨床、转运关节机器人、轴自动下料仓、集成工控系统等。自动加工单元核心部分由1台智能双动力头车床和1台斜式数控车床组合,加2套内置桁架机械手构成,外加1台数控磨床进行转轴的磨削加工。组合内部物流转运由2套内置桁架机械手完成,工序间转运由1台关节机器人来完成。智能双动力头车床通过左右两个带动力的刀库来实现车削工件两端中心孔、外圆及键槽的铣削(键槽铣削分为粗铣、精铣、去毛刺)等工序。斜式数控车床则负责电机轴中间铁心挡工序的车削加工。数控磨床完成工件需要的磨削加工。轴上下料系统为2个棒料仓,由人工负责上料收料,1个为毛坯进料仓,另1个为成品输送链式下料仓,链式下料仓可存放多件工件。毛坯与半成品、半成品交换和收集通过桁架机械手和关节机器人来完成。车、铣削结束后,通过关节机器人转运至数控磨床进行轴伸、轴承挡和铁心挡的磨削加工,成品由链式下料仓收集。

智能双头车床和斜式数控车床组合示意图如图3所示,主要包括智能双头车床功能模块、机械手和抓手模块、料仓模块等功能模块。

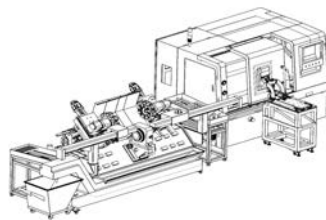


图3 智能双头车和斜式数控车床组合示意图

智能双动力头车床通过FANUC双通道CNC数控系统编程来实现机床的自动加工。两个系统有主从关系,自动运行时有逻辑关系,编程上互不干涉。主系统控制主轴驱动伺服电机的起停、转速设定、工件夹紧、冷却开关以及双刀塔的直线滑

台的插补控制等。副系统控制其对应的十字滑台伺服电机带动精密滑台实现加工过程中的直线双向进给插补动作。智能双头车床左、右分别采用迪普马十二工位动力刀塔,除了可以粗车、精车外,还带铣键槽功能,调整极为方便。机床配备自动集中润滑系统、双侧切削区工件及刀具自动冷却系统,并配置自动清除切屑装置(气嘴等)和自动排屑系统。

智能双头车床和斜式数控车床组合上料、组合内的工件流转由一套自动上料仓配二套桁架式机械人来实现。料仓示意图如图4所示。

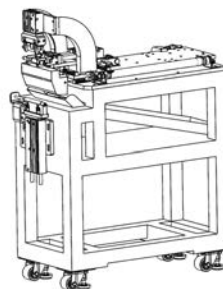


图4 料仓示意图

自动上料仓配备60个以上工件容量的料道,有2个进料位,储料量大,上料简单快捷,带空仓检测功能,自动补料,适合长时间加工;料仓根据不同大小长短的电机轴,具有一定的调整柔性、工件直径在一定范围内可调;同时可保护精加工零件表面,确保无划碰伤痕。

桁架机械人采用气动卡爪,从外部夹工件外圆,工件上下料由机械手横梁伺服电机实现。机械手模块根据各种规格电机轴的特点,设计成具有一定柔性,工作时可以全自动来回开关机床前门;可使工件进行自动翻转,方便进入下一道工序,实现联机作业;能对加工完成品的自动托盘摆放和托盘自动更换;自动润滑;对刀具加工数量进行监控管理、实时故障报警。卡爪设计为摆动旋转塔结构,具有一定调整范围,可按夹持重量和最大加持直径根据工件规格调整夹持的力度(适合规格不太大、批量大的轴料加工);带自适应推料机构,补偿毛坯误差影响,带料检偏差报警机构,保证装料可靠到位(装料异常可由人工辅助处理),而且带自动吹去卡盘和刀具上的切削的功能。

以双头智能车床模块为核心,集成工控机集中

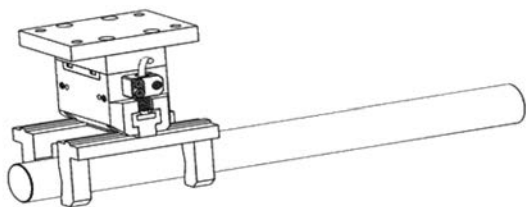


图5 气动手爪示意图

协调上料仓、双头智能车床模块、关节机器人、数控磨床和自动下料仓,完成电机转轴加工。系统设计有完善的软硬体双重保护功能、I/O 短路保护设计,抗干扰能力强,并配备刀具或拖板复位确认、撞机保护;采用人性化的操作界面,超强的检测功能,系统可自动监视机器运行情况,及时预警并显示故障信息及故障原因,可记录最近发生的警报信息。通过控制系统自带数据备份和网络连接接口,可以直接连入车间的数字化管理系统。

智能自动轴料加工工艺过程:人工将轴料毛坯放入2个进料位的柔性料仓,轴料第一件先由上料仓自动排料。正常加工时,第一内置桁架式机械手伺服电机下降,卡爪到固定位置抓取轴料,横梁伺服电机抓料后向上移动到机床上方,再左移到主轴上方等待,待前序产品加工完毕,机床防护门打开,伺服电机下移到主轴中心,卡爪2夹住加工好的产品,卡盘放松,电机右移到位,气动卡爪1旋转到位,伺服电机移动到位,气爪放松,卡盘夹紧到位,电机右移上升到位,机床加工。2套数控加工系统驱动2套刀盘,分别对轴料两端进行铣削平面,钻出中心孔,分别车削电机轴伸端和风扇端台阶;而后刀塔旋转角度,分别铣出电机轴伸端键槽和风扇端风扇卡槽。第二内置桁架式机械手手抓下降,抓取轴料,卡盘松开,机械手右移,轴料脱离卡盘,上升;机械手将轴料转至斜式数控车床加工区,伺服电机带动轴料下降到位,斜式车床两端顶针顶紧轴两端中心孔,车削(粗、精)轴的铁心挡。铁心挡加工完后关节机器人抓取经过平端面、车削、铣削加工后的轴料转至磨床,进行磨削轴伸挡,轴承挡和铁心挡(若需要)加工。加工完成的电机轴,由关节机器人抓取放入链式收自动下料仓自动收集。

在这个轴加工工艺改进模型中,采用集成工控系统控制上料仓、智能双动力头机床组合、关节机器人、数控磨床的运行和协调,将机器排成U

形加工单元。这套加工单元将以前传统加工中的平(车或铣削)端面、钻中心孔,车削,铣削3个工序集中到1台智能双头车床和1台斜式数控车床上集中完成。加工过程只需2次装夹,减少了因为多次装夹带来的加工误差,提高了加工精度;用2套桁架式机器人和关节机器人实现转运,代替以前各个工序间的转运,避免了转运中可能的磕碰对轴精加工面的损伤,提高了质量,提高了转运的效率;整个加工单元可以1个人值守,只要调好程序,基本不要人干预,减少了人为因素对质量的影响,降低了人工成本,提高了轴加工质量的一致性。人工上下一次料,可以间隔很长时间,一个人可以操作几套加工单元,基本可以实现轴加工过程的无人化。

3 结 语

双头智能车床组合的使用使电机轴加工由毛坯到成品实行“一个流”加工,将传统多个机床多道工序加工的工艺在1个加工单元集中完成,工件在1台机床上完成一次装、夹即可实现多工序集中加工,大大减少由于多次装、夹可能带来的工件加工误差,减少了电机轴加工中的人为因素对质量的影响,减少了因为电机轴的加工带来的电机噪声和振动质量问题,提高了轴加工的质量和一致性,产品不良率降低20%以上。减少了电机轴加工中转序的次数,生产效率提高80%以上,设备利用率为通用机床的几倍,能耗降低10%以上。将原来4~5人的工作改为1人可以操作2套设备,人工成本降低80%。同时可通过对现场过程加工数据的采集、存储、转换、加载等一系列过程,转移到数据仓库中,纳入数字化车间管理系统,最终并入到公司的ERP、MES、CRM等系统中,可大幅度提高生产效率,降低生产运营成本20%以上。

【参考文献】

- [1] 黄国治,傅丰礼.Y2系列三相异步电动机技术手册[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 胡志强.电机制造工艺学[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [3] 徐君贤.电机与电器制造工艺学[M].北京:机械工业出版社,2000.

收稿日期:2018-05-31