

曲轴加工生产线电气主要技术分析

方恩辉

(沈阳机床(集团)有限责任公司 辽宁 沈阳 110142)

摘要: 对于曲轴加工生产线,国内没有整线的设计能力,一般是根据加工工艺的具体要求由需方单台采购设备,然后再按照加工工艺顺序把单机排列成一条生产线。单机组成的曲轴加工生产线采用人工上下料,对操作者的要求较高,而且效率较低。基于此种情况,沈阳机床(集团)有限责任公司研发了国内首套曲轴加工自动上下料生产线。本文对从单机到自动上下料加工的金属切削数控设备的关键技术进行分析及总结。

关键词: 曲轴加工;自动上下料生产线;分析及总结

0 引言

曲轴是发动机中最重要的部件,承受连杆传来的力,并将其转变为转矩,通过曲轴输出并驱动发动机上其他附件工作。因此,要求曲轴有足够的强度和刚度,轴颈表面须耐磨、工作均匀、平衡性好。曲轴主要是由碳素结构钢或球墨铸铁制成的,有两个重要部位:主轴颈、连杆颈。主轴颈被安装在缸体上,连杆颈与连杆大头孔连接,连杆小头孔与汽缸活塞连接,是一个典型的曲柄滑块机构。

1 曲轴加工生产线工艺流程

曲轴加工生产线典型工艺流程:铣端面打中心孔→主轴颈加工→连杆颈加工→平衡块外圆加工→圆角辊压→油孔加工→两端面孔加工→磨削曲轴止推面加工→磨削曲轴大端加工→磨削曲轴小端加工→曲轴动平衡去重加工→曲轴抛光加工。

2 曲轴加工线先进技术应用

2.1 数控铣端面钻中心孔

数控铣端面钻中心孔机床系统采用西门子 802Ds1 数控系统控制,具有 PLC 屏幕编程功能。采用伺服电动机驱动滚珠丝杠实现刀具的纵向进给运动,保证工件的长度及中心孔深度的一致性。主电动机为变频交流电动机,可实现无级变速。

数控铣端面钻中心孔机床是以完成轴类工件两端面及两面中心孔套车加工为主的数控专用机床。本机床的主轴箱装有两个主轴,分别装有铣刀盘、中心钻和套车刀,实现一个工位完成铣削加工,另一个工位完成钻削套车加工。铣削加工横向进给及工位变换采用液压驱动,适于冲击较大的铣削加工。广泛适用于汽车、拖拉机、发动机、电动机、液压机械等行业中的曲轴、电动机轴

及阀杆等一般轴类的两端面、中心孔加工,一次装夹完成上述工序。根据用户加工件尺寸的大小、毛坯情况和形状,通过调频电动机调频选取适当的主轴转数,选用适当的卡爪和刀盘,便可满足生产要求。

2.2 曲轴主轴颈加工

双刀架数控机床是针对汽车行业中曲轴主轴颈加工而研制开发的高精度、高柔性、高效率的数控机床,它通过 X 轴、Z₁ 轴和 Z₂ 轴联合运动,以“车削”加工方式完成曲轴主轴颈外圆、轴肩、止推面、圆角或沉割槽和小端轴颈的外圆及倒角等部位的粗加工及精加工。可以省去粗磨的加工工序。双刀架数控机床采用双通道 840D 数控系统,主轴电动机采用西门子交流伺服主驱动,加工采用双刀架双通道同时加工;加工高效,系统稳定。

2.3 曲轴连杆颈加工

曲轴连杆颈数控车床是针对汽车行业中曲轴连杆颈加工而研制开发的高精度、高柔性、高效率、低价位的数控车床。该机床主要优点:驱动功率大、刚性好、并具有刀尖半径补偿等多种功能。它通过车削的加工方式可以完成曲轴连杆颈外圆、轴肩、止推面、圆角或沉割槽和小端轴颈的外圆及倒角等部位的粗加工及半精加工。主轴驱动系统采用德国西门子交流主驱动电动机,主传动采用双主轴机械同步传动,主电动机经过同步带驱动机械同步轴,由机械同步轴两侧的齿轮驱动左右主轴上的手动卡盘同步旋转。进给系统由 X 轴、Z 轴组成,X 轴、Z 轴分别由德国西门子伺服电动机驱动。

2.4 曲轴平衡块外圆加工

曲轴平衡块外圆加工数控车床是本公司主导的系列数控产品之一,机床刚性足、精度高,主轴驱动系统由电动机驱动,调速范围广,机床可实现无级调速和恒速切削,启动和停止迅速。机床各润滑点均有独立循环装置进行定量定时润滑,温升及热变形小,尾台套筒可参

与程序控制。机床采用西门子 802Dsl 数控系统, 数控系统稳定可靠、易于维修, 具有 RS232 通讯接口; 数控系统可存储多种加工程序, 调出、更改方便; 机床手动调整、操作方便; 系统能实现刀具磨损补偿功能。

2.5 曲轴油孔加工

曲轴油孔加工数控机床是为曲轴油孔的加工而专门设计制造的。机床采用 MQL 技术麻花钻的钻削工艺, 可使油孔的加工精度得到充分保证; 同时, 机床采用六工位动力刀架, 可完成曲轴润滑油孔的钻削及油孔倒角等加工。该机床采用西门子 802DSL 数控系统控制。机床的 X 轴、 Y 轴、 Z 轴、 B 轴及 C 轴采用西门子伺服电动机驱动, 动力刀架的刀具转位及刀具旋转采用交流电动机驱动, 具有较高的柔性且换型方便, 适用于大部分四缸及小六缸曲轴的油孔加工。

2.6 曲轴两端孔加工

两端孔加工专用数控机床, 采用整体铸造 45° 斜床身, 床身上左右对称布置两套三坐标单元, 以实现 X 轴、 Y 轴、 Z 轴三个方向的运动。两套八工位进口原装转塔动力头及动力附具, 分别安装在左右三坐标单元的 Y 轴滑板上。动力头的第一个工位安装进口测头, 触及工件两端轴颈上下两点, 以确定轴心, 然后触及曲轴端面一点, 以确定轴向加工基准。其他工位安装不同的刀具, 对工件进行各种加工。床身中部安装一个(两个或三个)独立的夹具座, 夹具座分别安装在一个(两个或三个)滑板上, 可调整夹具间的距离, 通过人工调整, 实现对不同长度的曲轴的定位夹紧, 夹具为自定心结构, 液压夹爪对曲轴夹紧; 轴向定位装置实现轴向定位; 通过角向定位机构以连杆颈外圆确定曲轴的角向位置。该机床采用两套西门子 802DSL 系统, 可实现两个三轴的插补同时运动, 进而保证曲轴两端同时加工, 也可分别加工。

2.7 曲轴平衡去重

曲轴平衡去重机是利用动平衡原理, 对加工后的四缸曲轴进行动平衡去重。通过配用不同的转换件, 机床可以平衡不同类型的曲轴。不平衡量的校正是在可用的平衡块上, 单钻头进行高速钻削校正的。曲轴的上下料通过合适的吊具来完成。该机床采用 PLC 系统控制, 自动化程度较高, 操作工人劳动强度小, 机床操作简便, 易于掌握, 适合于流水线生产。

3 曲轴自动生产线关键技术应用与分析

曲轴加工机床由单机生产到机械手自动上下料, 有很多技术需要突破。曲轴自动生产线适用多品种曲轴的加工, 这对目前曲轴加工多品种、小批量的特点尤为合适。本项目的研发使国内设备制造商具备了整线的组线能力, 将大大增强国内曲轴制造企业的开发制造能力,

可为高档数控装备开发提供有力支持。曲轴自动生产线的开发和推广应用将大大提高我国高档数控装备的设计制造水平和国际竞争力。

3.1 传感器检测技术

整条自动生产线数控设备设计开发是在原有单机设计的基础上进行的。由于原来的数控设备是单机人工操作, 所以在设计开发过程中很多动作没有传感器检测, 只能通过观察进行人工操作。在整个自动生产线设计研发过程中, 考虑到每台机床需要实现摆动机械手自动上下料。所以要求每台数控设备所有的控制指令都要得到实际反馈, 使数控系统掌握数控设备具备上下料的条件, 实现和摆动机械手控制系统的信息互通, 实现数控设备和摆动机械手正常上下料。基于自动生产线最基本的自动控制要求, 完善开发了自动生产线的每台金属切削数控设备的传感器技术——对每台数控设备控制指令设计了传感器进行检测。在数控设备的气动防护门上, 气缸上的磁性开关由于振动, 位置容易发生窜动, 造成开关门检测失效, 所以用接近开关代替气缸的磁性开关检测。

数控设备卡具松卡位置检测。原来的数控设备, 只进行卡具的卡紧检测, 有时卡具卡紧检测传感器不能实际反映卡具是否真正卡紧; 工件还要增加延时以确保工件卡紧, 由于液压系统压力的变化增加的延时也会发生变化。所以增加卡具的卡紧检测接近开关, 对卡具的松开卡紧分别用接近开关进行检测, 而且调整接近开关的位置, 实现对工件真正卡紧, 取消延时, 把接近开关检测作为唯一检测手段。而且对于多个卡具分别进行接近开关检测, 以保证每一个卡具进行卡具松卡检测。对于数控铣床, 由于工件不旋转, 只对卡具行程进行接近开关检测。但对于数控车床的卡具, 不仅要检测卡具的行程进行检测, 而且为了避免工件未卡紧旋转的危险, 还增加了卡具的卡紧压力检测, 采用双重检测增加安全性。

3.2 硬件握手技术

数控机床通过摆动机械手实现自动上下料。具体过程描述: 上下料机械手处于待机状态时, 人工将料道上的待加工曲轴随工件小车推入到上下料机械手的入口内, 按下启动按钮, 上下料机械手手爪下降、抓取工件、手爪上升、前摆、下降、开爪、将工件放入到机床夹具上, 上下料装置从机床内退出, 机床关门, 机床开始加工, 加工结束后, 上下料机械手自动进入机床内, 将工件取出, 放到小车板上。人工将小车拉出, 推至下一工序。完成一个循环。上下料机械手在置料位上等待再次工作指令。上下料机械手采用 PLC 进行控制。机床的数控系统与上下料装置控制系统进行外部(允许、禁止等)开关量联系。双方预留输入点和输出点, 以作信息

传递使用。联动状态下,上下料机械手接受机床工作指令,自动完成上料和下料工作。一般数控机床和上下料机械手进行开关量交互信息需要输入/输出 10 个左右开关量。

考虑到两个控制系统公共端问题,在设计研发过程中,对于上下料机械手到数控机床的输入输出开关量采用继电器隔离,从而保证信号交互的稳定性。对于数控机床的急停信号采用硬线连接的形式,保证数控机床的急停操作控制上下料机械手。

3.3 主轴定向技术

曲轴平衡块外圆加工数控机床加工过程描述:将空的曲轴运料小车放到曲轴下料位置,完成一个加工循环,防护门打开,摆动机械手从机床内的托料架上将成品曲轴取出,放到运料小车上,人工将装有成品曲轴的小车运至下一道工序,同时将装有毛坯曲轴的运料小车送至工件上下料位置,摆动机械手将毛坯曲轴送入机床内的托料架上,尾台及卡盘完成顶持及夹紧,定位完成后,机床循环启动开始加工,完成加工后,防护门打开,进行下一个循环。

在上下料机械手上下料过程中,要求在曲轴停止后必须保持一个固定姿态,而且必须保证主轴保持一定力矩以避免曲轴发生偏转。由于原有机床采用模拟量主轴和普通变频器控制,不能实现主轴的力矩保持定向。而且为了保证交货期和成本,要求在最小改动的前提下实现力矩保持定向功能。

当时国内还没有一家变频器厂家实现此功能,于是和变频器厂家合作采用增加 PG 卡机床、增加编码器和定位开关的技术方案。经过多次现场试验,实现了数控机床主轴在主轴停止指令发出后检测到定向开关从而实现主轴停止,并按照变频器设定的力矩保持从而避免曲轴偏转。为以后变频主轴数控机床实现工件的姿态保持和上下料机械手自动上下料的实现提供了可能。

3.4 刀具管理技术

对于节拍短、生产线长、产品复杂的发动机曲轴自动生产线来说,在刀具进行优化前,要合理设定机床供应商原配备刀具的寿命。设定合理可以保证产品质量,降低刀具成本。反之刀具成本上升,工件废品连续出现,机床开动率降低,加剧机床的损坏,不能达到精益生产的目的。所以刀具寿命的管理对曲轴自动生产线的稳定

运行至关重要。

对自动生产线的每一台金属切屑数控机床的刀具管理系统进行设定,实现刀具寿命计数设定和预报警功能。对于没有刀具管理功能的数控系统,开发了简易界面实现刀具计数功能。从而保证了每台数控机床刀具定时更换,在刀具跟踪和监控的过程中判断刀具的实际使用情况,实现了整条生产线的刀具寿命可控和提升。对于曲轴油孔加工数控机床和两端面孔加工数控机床,由于加工的特殊性,容易造成刀具异常断裂。对于两端面孔加工数控机床,增加了刀具对射开关进行刀具长度检测。曲轴油孔加工数控机床采用刀具测量开关和数控系统测量功能实现刀具长度检测。

4 结语

此条生产线是沈阳机床(集团)有限责任公司承接的第一条曲轴加工的整条生产线。本项目的研发使公司具备了联合组线能力,将大大增强和提升自动生产线的设计研发制造能力。由于受到当时数控系统的技术限制、不是所有的数控系统都具备工业以太网通讯功能、数控系统的内部变量的开放限制,所以此条生产线只是一条自动生产线,并没有实现智能化控制。随着计算机技术、网络技术和工业软件的发展,将有可能实现单机设备的智能化和数字化。

参考文献:

- [1] 张彦岗,李二红,张晓辉,等.曲轴加工技术分析 & 优化[J].机电信息,2021(30):44-45+48.
- [2] 张勇,张守健.六缸曲轴加工生产线自动化改造与应用[J].内燃机与配件,2021(15):19-20.
- [3] 覃建方.曲轴加工工艺基准的选择及工艺顺序的安排[J].汽车制造业,2021(04):12-15.
- [4] 刘明,张玉柱,刘俊,等.基于几何中心孔工艺的曲轴加工动平衡优化方法[J].汽车工艺师,2021(04):39-42.
- [5] 马建华.曲轴车工加工方法的发展方向[J].设备管理与维修,2021(06):90-92.

作者简介:方恩辉(1975.12-),男,汉族,山东潍坊人,本科,高级工程师,研究方向:数控机床电气技术。