

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.02.011

LMB50 型智能旋铆机的设计及研究

宋崇杰,姚哲皓,毛宏勇,陈佳,赵铁柱
(武汉大学 动力与机械学院,湖北 武汉 430072)

摘要:针对轮毂轴承铆接加工过程中存在的微调不方便、加工精度不高等问题,基于闭环控制原理,设计研究了一种可编程序控制器和伺服电机控制进给位移的新型旋铆机。该旋铆机的升降装置采用了大功率伺服电机、行星减速机和重型滚珠丝杠驱动,外加光栅尺构成了闭环控制;检测装置采用了精密级高度计作为检测传感器检测实际毛坯高度和加工后成品的高度;通过在工件夹具下方装设轮辐称重传感器以实时反馈旋铆加工时的工作压力。实践结果表明,该旋铆机实现了加工坐标值自动调整和毛坯材料性能的自动检测,从而实现了轮毂轴承零游隙和负游隙的控制,同时降低了轮毂轴承的各零件制造精度要求。

关键词:旋铆机;轮毂轴承;负游隙;传感器

中图分类号:TH12; TH161

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)02-0179-04

Research and design of LMB50 typed intelligent spin riveting machine

SONG Chong-jie, YAO Zhe-hao, MAO Hong-yong, CHEN Jia, ZHAO Tie-zhu
(School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Aiming at the problem of the inconvenient fine adjustment and the low machining accuracy in the riveting process of wheel hub bearing, based on the theory of closed-loop control, a new intelligent riveting machine was designed and studied, of which the feed displacement was controlled by a programmable logic controller and a servo motor. The lifting device of the riveting machine closed-loop controlled by raster ruler was driven by a high power servo motor, a planetary reducer and a heavy-duty ballscrew; In the detection device, a precision altimeter was adopted as a detection sensor to measure the height of blank and the height of finished product after machining; the spoke weighing sensor was mounted below the fixture, which can real-time feedback working pressure when riveting processing. Production practice results indicate that, this intelligent riveting machine can realize the control of the zero or negative clearance of wheel hub bearing, and the machining precision for each component of wheel hub bearing can be reduced with the adoption of this intelligent riveting machine.

Key words: riveting machine; wheel hub bearing; negative clearance; sensor

0 引 言

传统旋铆机采用液压油缸配合固定挡铁^[1]的方式控制工件尺寸,对于同一批零件来说,铆接终点坐标值是固定的,其主要缺点是微调不方便、自动化程度低,对毛坯的精度要求较高(0.01 mm),没有智能调整功能^[2-3],更没有质量管理功能。

为改善汽车轮廓轴承铆接加工过程中存在的缺

陷,结合传统旋铆机结构特点与实际功能的需求^[4],本研究提出一种基于位移传感器和压力传感器控制的新型智能铆接机。该智能铆接机除具有传统强劲的动力、高刚度的床身结构和铆接控制功能外,还通过引进全面控制的概念,极大地加强了位置检测、工件测量、铆接压力测量、质量数理统计分析和故障诊断等辅助控制功能,其控制系统则是在三菱可编程控制器的平台上依据数控系统理论和铆接新工艺要求开发的。

1 整机设计与主要技术参数

LMB50 型智能旋铆机整机设计如图 1 所示,其关键设计在于升降装置、夹具装置、检测装置与控制系統。

LMB50 型轮毂旋铆机的主要技术参数:铆接铆钉直径范围: $\Phi 6 \sim \Phi 50$ (mm);最大铆接力:215.6 kN;铆头的最大工作行程:240 mm;铆头到工作台的最大距离:500 mm;铆头中心到立柱机身面距离:490 mm;铆头伸出长度:30 mm;工作台尺寸:400 × 300 (mm);伺服轴重复定位精度:0.005 mm。主轴电机功率为 11 kW,采用无极调速;进给电机选用功率 7 kW 交流伺服电机。

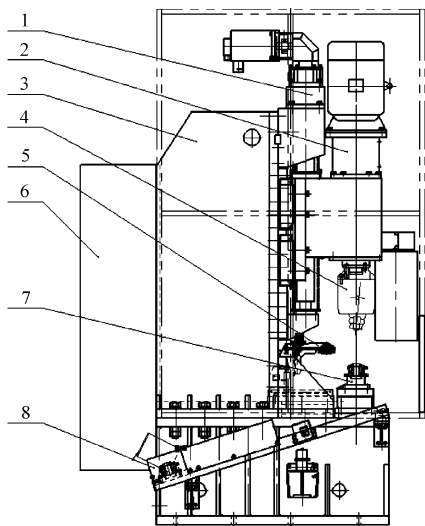


图 1 智能旋铆机整体结构

1—升降装置;2—主轴装置;3—床身装置;4—旋铆装置;5—检测装置(含位移传感器);6—电气柜;7—夹具装置(含压力传感器);8—废品收集装置

2 关键部件设计

2.1 升降装置

该智能旋铆机的升降装置如图 2 所示。轮毂轴承工件加工时,升降位移、升降速度由交流伺服电机控制,其力矩经过直角行星减速机放大,由平键传递给滚珠丝杠,并将回转运动转化成直线运动,由此旋动力矩转化为放大压力,经旋铆装置的铆头作用在工件上。铆头在主轴部件的驱动下边旋转边下降,使得工件轮毂轴承内套发生塑性变形,而将轮毂轴承铆接成一个整体,形成轮毂轴承成品。伺服电机最大输出力矩发生在加工过程中的进给状态^[5],属于连续运行区,可允许瞬时进入断续运行区。

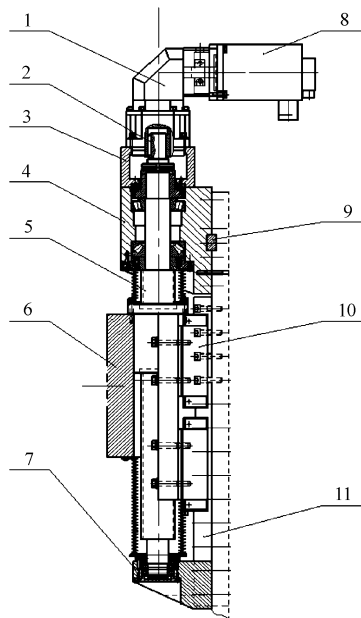


图 2 智能旋铆机升降装置

1—减速机;2—平键;3—减速机座;4—上轴承座;5—滚珠丝杠;6—主轴座滑台;7—下轴承座;8—伺服电机;9—大平键;10—直线导轨滑块;11—直线导轨

已知伺服电机铆接力大小 F 为 215.6 kN,滚珠丝杠公称直径大小 d 为 $\Phi 100$ (mm),滚珠丝杠导程大小 l 为 16 mm,行星减速机减速速比 i 大小为 1:20。

伺服电机每转进给量为:

$$L = l \times i = 0.8 \text{ mm} \quad (1)$$

升降系统总的传动效率为:

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 = 0.92 \times 0.92 = 0.85 \quad (2)$$

式中: η_1 —行星减速器传动效率,取值 0.92; η_2 —滚珠丝杠传动效率,取值 0.92。

伺服电机的工作转矩为:

$$M = (F \times L) / (2 \times \pi \times \eta) = 32.30 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (3)$$

本研究选用三菱交流伺服电机,其型号为 HF-SP-702(功率 7 kW,额定转速 2 000 r/min,额定输出力矩 33.4 N·m)。

2.2 带压力传感器的夹具装置

夹具装置如图 3 所示,它是旋铆机加工过程中用来固定轮毂轴承,使之占有正确的位置以便于加工或检测的装置。

夹具装置的结构包含压力传感器、夹具体上底板和夹具体下底板。其中夹具体上底板和夹具体下底板是一对可调整的十字滑板^[6-7]。压力传感器用于加工时实时传递压力数据,保护设备,监视工件的材料性能。

旋铆机加工时,负载压力经工件轮毂轴承→夹

具→夹具体传递给压力传感器^[8],压力信号实时传递给控制系统,控制系统经数据处理就可以知道加工负载的压力变化并将它记录下来。一方面当负载超过设定的最大值时,系统会及时发出报警并进入紧急停止状态,防止机器受到损害;另一方面通过查看负载历史数据和变化曲线也可以知道轮毂轴承工件材质的性能稳定性,从而控制原材料的性能和热处理质量。

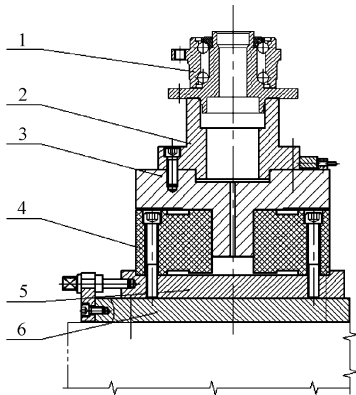


图3 智能旋铆机夹具装置

1—工件;2—夹具;3—夹具体;4—压力传感器;5—上底板;6—下底板

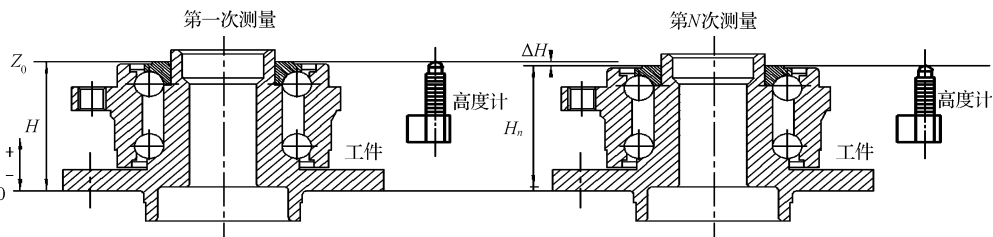


图5 智能旋铆机铆接尺寸控制原理图

检测装置将获取的工艺尺寸链综合误差数据进行处理,并实时修正伺服升降装置的旋铆进给终点坐标值,实现汽车轮毂轴承的负游隙加工。铆接尺寸控制原理^[11-12]如图5所示。检测装置第1次测量工件时,高度计确定零位,测得工件高度 H 对应着铆接终点基准坐标值 Z_0 。当对第 N 个工件进行测量时,高度计压缩量发生变化,从而得到高度差 ΔH ,进而修正铆接终点坐标值为 $Z_0 + \Delta H$,从而精确控制铆接游隙。

在传统的加工方式中, H 值由轮毂轴承5个零件的尺寸链决定,故而有较大的公差,铆接终点坐标必须大于其最大公差,否则极有可能将轴承铆死^[13],因此使用传统加工方法铆接后的轴承游隙较大。为了减小游隙,除了要严格控制5个相关零件的精度外,通常还要依靠人工检测分组的办法减小尺寸链公差值。这就是传统轮毂轴承加工精度不高的原因。

2.3 检测装置与尺寸控制原理

检测装置是智能旋铆机的主要创新部分,该装置如图4所示,能同时实现测量前对待铆件铆接面的自动化涂脂润滑与自动化在线检测^[9]。因此,通过设计检测装置既提高了铆接面的表面质量和减少铆接模具的磨损,又能实现铆接前后自动对工件的高度尺寸进行检测并将测量结果输送到控制系统自动修正程序参数^[10]。

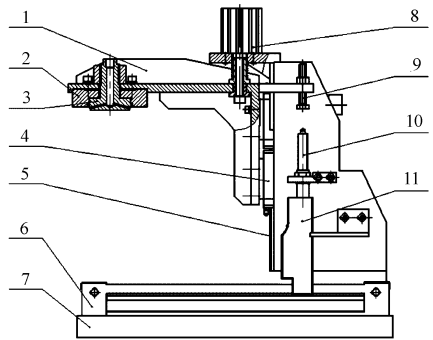


图4 智能旋铆机检测装置

1—检测升降臂;2—检测块;3—注脂头;4—直线导轨滑块;5—直线导轨;6—无杆气缸直线滑台;7—底座;8—升降气缸;9—调节螺钉;10—高度计;11—卷线器支架

2.4 电气控制系统

自动化涂脂润滑过程:升降气缸驱动检测升降臂沿直线导轨向下运动,带动检测块、注脂头、调节螺钉一起向下运动。当检测块接触未加工的工件轮毂轴承端部时停止,注脂头可以向待加工区注脂以便旋铆加工时润滑,然后返回至顶部。

自动化在线检测过程:升降气缸驱动检测升降臂沿直线导轨向下运动,带动检测块、注脂头、调节螺钉一起向下运动,当检测块接触已加工的工件轮毂轴承端部时停止,同时调节螺钉压缩高度计伸缩杆,高度计向控制系统发出位移数据信号,控制系统根据所得数据进行运算处理得出工件的实际高度,然后高度计返回至顶部。

LMB50型智能旋铆机控制系统包括系统参数、程序参数、检测位移压力数据图表、报警、手动模式和自动模式等部分。智能铆接机控制原理图如图6所示。

旋铆机能对系统参数、程序参数根据加工对象的材质和大小进行设定^[14],实时监测压力数据和加工精度误差数据以表格和趋势图形式表现出来,用户可保存历史数据,以该数据为依据可以依据趋势实时调整加工参数,并记录前工序的加工累计误差。自动模式下启动后,进给装置具有由接近开关构成的硬限位保护,机床坐标系的软件为保护与伺服自身的过载保护;主轴装置具有高温保护,当轴承温度过高时,温度传感器会发出报警,终止加工,提醒维修人员检修主轴;检测装置立即对工件毛坯的高度进行检测,并对获取数据进行处理,实时修正伺服升降装置的旋铆进给终点坐标值,同时注射润滑脂,随后启动变频主轴装置驱动旋铆装置,在伺服升降装置驱动下进行铆接;压力传感器实时检测铆接压力,正常情况下铆接的最大压力应在设定的范围内,当最大铆接压力不在规定压力范围时,系统终止加工并发出报警,说明毛坯材料性能不合格,压力传感器也具有防止过载保护设备的作用。自动模式下铆接完成后,检测装置对加工好的零件进行检测,所有检测数据均存入内存并在图表中显示,便于产品质量控制和分析。控制系统还对稀油润滑、油脂润滑、气缸电磁阀等辅助装置进行控制。

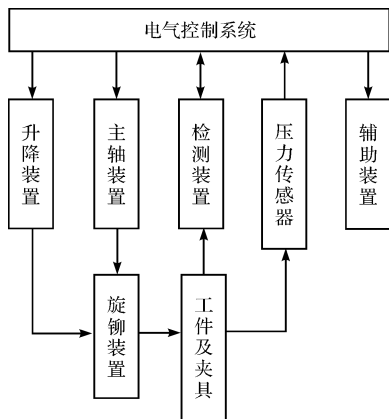


图6 智能旋铆机控制原理图

2.5 与国外同等产品精度对比

从表1中可以看出,本研究设备的加工精度比韩国及国产设备高,实现了旋铆机零-负游隙的加工精度控制。

表1 本研究设备与韩国及国产设备加工精度实测值

精度类型	本机设备	韩国及原产设备
旋铆后法兰端面高度/mm	± 0.10	± 0.30
旋铆后法兰端面平面度/mm	0.05	0.10
旋铆后轴承游隙/mm	$-0.005 \sim 0$	≥ 0

3 结束语

针对现有铆接机存在的不足,本研究通过引入智能控制理论和全面质量控制系统的概念,极大地加强了机器的智能控制功能,研发了LMB50型智能旋铆机。该新型智能铆接机各部件设计合理,结构先进,具有创新性,从根本上提高了轮毂轴承铆接加工过程中的加工精度。该产品经过实际生产验证,旋铆加工后轮毂轴承法兰端面高度加工精度为 ± 0.10 mm,法兰端面平面度为0.05 mm,轴承游隙在 -0.005 mm ~ 0 mm之间,均满足设计要求,实现了零-负游隙的精度控制。

参考文献(References):

- [1] 刘长勇. 创新的轮毂轴承伺服旋铆机的设计[J]. 现代零部件, 2010(7): 139-140.
- [2] 宋玉春, 肖耕亚. 基于CMAC网络的轴承单元铆合控制算法研究[J]. 制造技术与机床, 2011(1): 155-158.
- [3] 周志雄, 肖耕亚, 李伟. 轿车轮毂轴承单元新型铆合装配机床的研究[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2014, 41(8): 13-16.
- [4] NUMATA T. Latest technical trends regarding hub unit bearings[J]. KOYO Engineering Journal English Edition, 2005, 168(3): 8-13.
- [5] 徐红丽, 张宇. VMC1240立式加工中心进给系统设计[J]. 机床与液压, 2011, 39(18): 37-38.
- [6] 刘宇勇. 机械制造工艺与机床夹具[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [7] 胡亚民, 伍太宾, 赵军华. 摆动辗压工艺及模具设计[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2008.
- [8] 许士环, 丁国清. 汽车轮毂轴承伺服压装测控系统的设计[J]. 电子测量技术, 2009, 32(8): 20-23.
- [9] 武汉瑞威特机械有限公司. 用于轮毂轴承铆接的测量装置: 中国, 201320849478. 2[P]. 2013-12-20.
- [10] 贾继虔. 数控机床的位置检测及其应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2002(7): 41-42.
- [11] 孔雪峰, 崔巍, 张少宏. 基于位移传感器的铆接尺寸控制研究[J]. 制造技术与机床, 2014(8): 128-129.
- [12] 王萌夏, 吴益飞, 于斌. 基于迭代算法的三轴磁传感器标定与误差补偿技术研究[J]. 兵工自动化, 2015, 34(2): 85-89.
- [13] 黎桂华. 轴向游隙对轿车轮毂轴承性能的影响[J]. 轴承, 2011(1): 1-3.
- [14] 吴亦峰, 侯志伟. PLC及电气控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.

[编辑: 李 辉]

本文引用格式:

宋崇杰, 姚哲皓, 毛宏勇, 等. LMB50型智能旋铆机的设计及研究[J]. 机电工程, 2016, 33(2): 179-182.

SONG Chong-jie, YAO Zhe-hao, MAO Hong-yong, et al. Research and design of LMB50 typed intelligent spin riveting machine[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016, 33(2): 179-182.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>