

商用车整体式桥壳加工工艺分析与液压夹具设计研究

温志力

广西物流职业技术学院, 广西 贵港 537100

DOI: 10.61369/TACS.2025080041

摘 要 : 本研究基于商用车工艺装备项目, 提出整体式桥壳加工工艺和液压夹具设计。整体式桥壳加工工艺采用柔性化、高可靠性、高精度进口加工中心, 对齿轮、减速器壳、桥壳等关键零部件进行机械加工; 液压夹具设计实现一人多机操作, 具有自清洁、周期短、自动化、柔性化、可靠性强、精度高等优势, 其设计周期大幅度缩短, 能够更好地保证产品质量, 发挥设备优势。相关研究成果能够为提高 FPT 桥壳加工精度、生产效率, 降低操作者劳动强度、零件生产成本提供实现路径与理论基础。

关 键 词 : 商用车; 整体式桥壳; 加工工艺; 液压夹具设计

Analysis on Machining Process of Integral Axle Housing for Commercial Vehicles and Research on Hydraulic Fixture Design

Wen Zhili

Guangxi Vocational College of Logistics, Guigang, Guangxi 537100

Abstract : Based on the commercial vehicle process equipment project, this study proposes the machining process of the integral axle housing and the design of the hydraulic fixture. The integral axle housing machining process adopts flexible, high-reliability and high-precision imported machining centers to perform mechanical processing on key components such as gears, reducer housings and axle housings. The hydraulic fixture design enables one operator to operate multiple machines, and has the advantages of self-cleaning, short cycle, automation, flexibility, strong reliability and high precision. Its design cycle is greatly shortened, which can better ensure product quality and give full play to equipment advantages. The relevant research results can provide an implementation path and theoretical basis for improving the machining precision and production efficiency of FPT axle housings, reducing the labor intensity of operators and the production cost of parts.

Keywords : commercial vehicles; integral axle housing; machining process; hydraulic fixture design

引言

近年来, 商用车行业快速发展, 对关键零部件的加工精度和企业生产效率提出了更高要求。作为商用车传动系统的重要部件, 整体式桥壳能够直接影响车辆的性能与安全性, 其加工工艺和液压夹具设计是我们需要深入研究的领域。然而, 传统加工工艺存在效率低、精度不稳定等问题, 难以满足商用车现代化生产需求。因此, 本研究依托商用车工艺装备项目, 围绕“商用车整体式桥壳加工工艺分析与液压夹具设计”进行探索, 旨在通过优化加工工艺和设计新型液压夹具, 提升桥壳加工的自动化水平和产品质量, 为商用车制造企业提供技术支持。

一、研究内容

(一) 分析桥壳加工工艺, 拟定加工工序、工步内容, 明确夹具设计技术指标和要求。

(二) 通过 TOPSIS 理想排序法, 对候选夹紧方案、候选定位面进行理想化排序, 选出最优夹紧方案和定位面组合, 为后续液压夹具的精准设计提供数据支撑和理论依据。

(三) 开展液压夹具的结构设计 (包括夹紧机构、定位机构、自清洁装置等关键部分), 确保夹具具备高精度、高可靠性、柔性化及自动化优点。

(四) 运用有限元分析方法, 对液压夹具进行力学性能仿真研究, 评估其在不同工况下的应力、应变分布, 而后优化夹具结构参数, 提升夹具的稳定性、耐用性。

(五) 制造液压夹具样机, 进行实际加工试验, 验证夹具设

基金项目: 2023年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目

项目名称: 一种商用车整体式桥壳加工工艺分析和液压夹具设计与研究 (项目编号: 2023KY2050)

项目名称: 温志力新能源储能技术工作室

计的合理性和有效性。

二、拟解决的关键问题

(一) 设计的液压夹具与台湾协鸿 VMC2060 及台湾永进 YCM-158 加工中心相应性能及相关安装参数不匹配问题。

(二) 液压夹具定位和夹紧方案选择困难, 切削力估算困难, 夹紧元件和辅助元件选型不匹配问题。

(三) 液压夹具本体、液压系统等建模采用二维软件设计不直观, 夹具制造工艺分析周期长、与模型后续设计验证、分析不匹配问题。

(四) 设计制造的液压夹具刚度、强度不足, 导致夹具使用受力变形、寿命短。夹具制造使用后发现缺陷返修周期长、成本高等问题。

三、商用车整体式桥壳加工工艺分析与液压夹具设计

(二) 商用车整体式桥壳加工过程与液压夹具工作步骤

新产品新生产线的投建标准要求高, 以往模式是不能达到要求的。结合工序图可以看出, 该工序总共需要完成 4 种桥壳的加工, 加工过程中液压夹具需要完成的关键工作步骤有:

1. 将待加工的桥壳工件准确放置在液压夹具的定位面上, 此时液压夹具的定位机构会迅速而精准地确定工件的位置, 确保其符合加工的初始要求^[1]。

2. 启动液压系统, 夹紧机构在液压动力的驱动下, 以合适的力度和均匀的压力将工件牢固夹紧, 防止在后续加工过程中出现位移或振动, 从而保证加工的精度和质量^[2]。

2. 液压夹具的自清洁装置自动启动, 对夹具内部可能存在的切屑、杂质等进行清理, 避免这些因素对后续加工造成干扰。

3. 工件进入加工状态, 加工中心按照预先设定的工艺路线和参数, 对桥壳进行高精度、高效率的机械加工, 如铣削、钻孔、镗削等操作, 将桥壳加工成符合设计要求的零部件。

在加工整个加工过程中, 液压夹具始终保持稳定的夹紧状态, 为加工提供可靠的支撑和准确定位, 确保加工操作的各个环节顺利进行^[3]。

5. 工件完成加工后, 加工中心工作台回到原始设定位置, 启动工件夹持卸载开关, 在 PLC 指令控制下, 压紧夹持油缸首先动作, 活塞杆缩回到极限位置; 同时 12 个支撑缸缩回到原始状态, 随后转角缸动作, 活塞杆缩回到极限位置, 工件处于完全解锁状态。如果工件需要回转 180° 后加工另一面, 则启动举升缸控制按钮, 两个举升油缸的活塞杆带动 V 形组件机构将桥壳向上托举到极限位置。

(二) 整体设计思路

本研究结合商用车传动系统的实际使用需求与生产现场的具体条件, 分析桥壳的结构特点和加工难点, 制定详细的工艺路线。

1. 加工工艺设计思路

在加工工艺方面, 充分利用进口加工中心的柔性化、高精度

特性, 合理安排齿轮、减速器壳、桥壳等关键零部件的机械加工顺序, 确保各工序间的衔接流畅, 减少不必要的装夹和转运时间^[4]。

2. 液压夹具设计思路

液压夹具的设计需要在充分考虑一人多机操作需求的基础上, 实现夹具的自清洁功能, 以缩短生产准备周期。设计过程中, 应注重夹具的自动化和柔性化, 保证其能够适应不同规格桥壳的加工需求; 注意优化夹具结构, 提高其可靠性和精度, 确保夹具在零部件加工过程中能够稳定、准确地定位, 并夹紧工件^[5]。

(三) 具体设计方案

1. 加工工艺设计方案

通过 ANSYS Workbench 软件对工件与夹具系统进行有限元静力学结构分析, 并优化。基于新产品新生产线的投建标准, 通过仿真软件模拟夹具运行动作, 设计出液压夹具模型和加工工艺设计方案^[6]。针对新产品新生产线的投建标准, 本方案采用柔性化、高可靠性、高精度进口加工中心进行核心工序加工, 并通过优化刀具路径、切削参数实现高效精密加工, 其具体工艺路线规划如下:

(1) 采用粗铣工序去除桥壳大部分加工余量, 为后续精加工提供稳定基准;

(2) 随后进行半精加工, 使工件逐步逼近设计尺寸, 并初步处理表面粗糙度;

(3) 关键部位采用精铣和精磨复合工艺, 从而保证桥壳轴颈、法兰面等关键部位的形位公差达到 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内, 满足商用车生产使用需求。

基于上述工艺路线规划, 采用“完成影响装配精度的基准面加工——实施具有较高材料去除率的型腔加工——进行易产生变形的薄壁结构加工”的加工顺序; 引入在线测量补偿系统, 对加工过程中产生的尺寸偏差进行实时修正, 同时配合专用冷却液循环装置控制加工热变形, 使桥壳各部位尺寸一致性提升 30%; 针对不同规格桥壳的共性特征设计模块化工艺模板, 通过参数化编程实现快速工艺切换, 将新产品试制周期从传统工艺的 15 天缩短至 7 天。

2. 液压夹具设计方案

本研究以提升加工自动化水平和产品质量为核心目标, 进行液压夹具设计, 提出如下设计方案:

(1) 构建模块化夹具框架: 采用快速换模机构实现不同规格桥壳的定位面与夹紧单元快速切换; 通过气液增压缸提供稳定夹紧力, 确保夹紧力波动范围控制在 $\pm 5\%$ 以内; 采用“一面两销”复合定位结构的定位系统, 其中基准面采用可调式支撑单元, 配合液压浮动定位销实现工件自动定心, 使定位精度达到 $\pm 0.01\text{mm}$; 通过双循环自清洁系统解决桥壳加工产生中的切屑堆积问题; 通过 PLC 控制系统与加工中心数控系统联动优化自动化控制系统, 实现工件装夹到位自动触发加工、加工完成自动松夹的闭环控制。双循环自清洁系统中的主循环系统采用高压气流技术, 通过高压气流的脉冲式吹扫清洁定位面和夹紧面, 其辅助循环系统采用磁性吸附装置, 通过该装置收集铁屑, 提升夹具清洁

效率^[7,8]。

(2) 优化夹具本体结构: 通过有限元分析、优化夹具本体结构。利用有限元分析软件, 对夹具本体在不同工况下的应力、应变分布进行模拟分析。针对分析结果中应力集中区域, 采取结构加强措施, 如增加加强筋、优化局部形状等, 以提高夹具本体的强度。对于应变较大的部位, 调整其结构尺寸和布局, 确保夹具在加工过程中不会因受力而产生过度变形, 从而保证夹具的定位精度和夹紧可靠性。同时, 结合有限元分析结果, 对夹具本体的材料进行合理选型, 选择具有高强度、良好韧性和耐磨性的材料, 进一步提升夹具的整体性能和使用寿命^[9,10]。

(3) 进行可靠性验证: 建立夹具疲劳测试平台, 模拟连续1000次装夹循环, 验证夹紧机构、定位元件及自清洁装置的耐用性, 确保关键部件使用寿命达到2年以上。

(4) 搭建夹具三维模型库: 通过参数化设计软件建立夹具三维模型库, 实现与加工工艺方案的实时联动。该模型库支持快速调用和修改夹具设计参数, 包括定位面尺寸、夹紧力大小、自清洁系统配置等, 使设计人员能够根据不同规格桥壳的加工需求, 在10分钟内完成夹具设计方案的初步生成。同时, 三维模型库与有限元分析软件无缝对接, 进而自动提取模型几何信息并生成分

析网格, 将仿真准备时间从传统方法的4小时缩短至30分钟, 显著提升设计迭代效率。此外, 模型库内置标准化元件库, 融入气液增压缸、液压浮动定位销等20类核心部件的3D模型, 支持通过拖拽方式快速组装夹具结构, 并自动生成装配爆炸图和BOM清单, 为后续制造加工提供完整数据支撑。

实际测试数据显示, 该液压夹具使桥壳加工合格率从89%提升至96%, 单件加工时间缩短18%, 操作人员需求减少50%, 显著提升了生产效率和产品质量稳定性。

四、结语

综上所述, 商用车整体式桥壳加工工艺与液压夹具设计是影响关键零部件的加工精度和企业生产效率的重要因素, 同时也是我们需要深入研究的领域。针对传统加工工艺存在效率低、精度不稳定等问题, 我们可以通过优化齿轮、减速器壳、桥壳等关键零部件的加工工艺, 设计自清洁、周期短、自动化、柔性化、可靠性强、精度高、一人多机的液压夹具, 推进商用车制造模式创新, 提升桥壳加工的自动化水平和产品质量。

参考文献

- [1] 张龙飞, 李敏建, 张航. 桥壳冲压成型过程开裂问题探究及工艺改进[J]. 商用汽车, 2024, (05): 72-74.
- [2] 张党华, 程思. 汽车桥壳通气孔空间位置尺寸检具设计与应用[J]. 模具制造, 2024, 24(07): 4-6.
- [3] 王建忠, 李斌, 李冠楠. 加热温度对热成型桥壳钢组织和性能的影响研究[J]. 山西冶金, 2024, 47(06): 5-7.
- [4] 吴良津. 冲焊桥壳大法兰平面度质量优化及工装设计[J]. 汽车工艺师, 2024, (03): 22-25.
- [5] 谢香卫, 玉勇志. 某车型后桥壳总成变形弯曲的分析研究[J]. 装备制造技术, 2023, (08): 227-231.
- [6] 字立敏, 周星兴, 崔岗卫, 等. 一种车桥轴头双面加工中心设备的研发与应用[J]. 机械设计, 2023, 40(S1): 116-119.
- [7] 温承钦, 黄维忠, 覃丽燕, 等. 基于VMC2060与VCM-158加工中心的FPT桥壳柔性加工液压夹具设计与研究[J]. 商用汽车, 2023, (03): 114-118.
- [8] 岳峰丽, 孙小婷, 陈大勇, 等. 驱动桥壳一体化结构和制造技术研究现状及发展趋势(下)[J]. 锻造与冲压, 2023, (04): 48-51.
- [9] 王连东, 张乾助, 张淑静, 等. 同轴式电动汽车带轴头桥壳的一体式成形工艺[J]. 锻压技术, 2022, 47(12): 94-102.
- [10] 丁艳. 某夹具设计及应用——以某重型汽车桥壳为例[J]. 南方农机, 2022, 53(24): 131-133.