

高精度多工位专机及其加工工艺深度研究

郑宗斌 王新强

台州威德隆机械有限公司 317600

【摘要】为提升汽车配件加工效率与质量，本研究聚焦于高精度多工位专机及其加工工艺深度研究。在分析汽车配件加工行业对高效、高精度加工设备迫切需求的背景下，阐述多工位专机设计制造的关键意义。深入探讨该专机加工工艺，涵盖加工工序的合理规划、切削参数的精准确定，分析各工艺参数对加工精度和表面质量的影响。通过研究表明，该多工位专机在提高加工效率、降低生产成本、保证加工精度和稳定性方面表现出色，能够满足汽车配件批量生产的严格要求，为汽车配件加工领域提供了有效的技术解决方案，对推动汽车制造业发展具有重要实践意义。

【关键词】汽车配件；多工位专机；加工工艺；加工精度

High-precision multi-working station special plane and its processing technology depth research

Zheng Zongbin Wang Xinqiang

Taizhou Weidelong Machinery Co., Ltd. 317600

【Abstract】In order to improve the processing efficiency and quality of auto parts, this research focuses on the in-depth research of high-precision multi-working station special aircraft and its processing technology. Under the background of analyzing the urgent demand of efficient and high-precision processing equipment in the auto parts processing industry, the key significance of the design and manufacturing of multi-working station special aircraft is expounded. The processing technology of the special plane is deeply discussed, covering the reasonable planning of the processing process, the accurate determination of the cutting parameters, and analyzing the influence of each process parameters on the processing accuracy and the surface quality. Through the research shows that the multiple station plane in improving processing efficiency, reduce production cost, ensure the processing accuracy and stability, can meet the strict requirements of auto parts mass production, for auto parts processing field provides effective technical solutions, to promote the development of automobile manufacturing industry has important practical significance.

【Key words】Auto parts; multi-station special plane; processing technology; machining precision

引言

传统的汽车配件加工设备和工艺在面对日益增长的市场需求时，逐渐暴露出诸多不足。生产效率低下是传统加工方式面临的主要问题之一。为了克服传统加工方式的不足，提高汽车配件的加工效率和质量，多工位专机应运而生。多工位专机是一种专门为汽车配件加工设计的高效设备，它具有多个加工工位，能够在一次装夹中完成多个工序的加工，大大减少工件的装夹次数和加工时间，提高了生产效率。

多工位专机的应用对汽车配件加工行业具有着重要的意义。它能够显著提高生产效率，降低生产成本。通过多工位同时加工，减少加工时间和人工成本，提高了生产效率；同时，高精度的加工保证了产品质量，降低了废品率，减少了原材料的浪费，从而降低生产成本。多工位专机能够提高产品质量和一致性，满足汽车行业对高品质配件的需求。高精度的加工和稳定的生产过程，使得产品的尺寸精度和性能更加稳定，提高了汽车的整体性能和安全性。多工位专机的应用还能够推动汽车配件加工行业的技术升级和创新，促进汽车产业的可持续发展。

多工位专机的研发和应用是汽车配件加工行业发展的必然趋势。通过深入研究多工位专机的设计与优化以及加工工艺的优化，能够进一步提高多工位专机的性能和加工效率，为汽车产业的发展提供更加有力的支持。

一、汽车配件加工工艺分析

汽车配件加工工艺的精度要求是确保汽车性能和安全的关键。在尺寸精度方面，不同的汽车配件有着各自严格的公差范围。如发动机的活塞，其直径尺寸公差通常需控制在 $\pm 0.03\text{mm}$ 以内，以保证与气缸壁之间的良好配合，避免出现漏气、敲缸等问题，影响发动机的动力输出和燃油经济性。

形状精度同样至关重要，例如发动机缸体的平面度误差需控制在 0.05mm 以内，以确保缸盖与缸体之间的良好密封，防止冷却液、机油泄漏和气体窜入，保证发动机的正常工作；制动盘的平面度误差若超过 0.03mm ，在制动过程中就会导致制动抖动，影响制动的平稳性和可靠性，降低驾驶安全性。

表面质量直接影响汽车配件的耐磨性、耐腐蚀性和疲劳

强度。表面粗糙度是衡量表面质量的重要指标之一,对于一些承受高载荷和摩擦的配件,如曲轴的轴颈表面,表面粗糙度要求达到 $Ra0.2 - Ra0.4 \mu m$,以减少摩擦磨损,提高零件的使用寿命。

表面纹理方向也会对配件的性能产生影响,在设计和加工时需根据配件的受力情况和工作要求进行合理控制。例如,在一些滑动配合的零件表面,如活塞与气缸壁,合适的表面纹理方向可以改善润滑条件,减少磨损,提高零件的工作性能和可靠性。

在汽车生产中,提高生产效率是降低成本、满足市场需求的重要手段。对于一些常用的汽车配件,如轮胎螺栓,采用高速冷镦工艺进行生产,每分钟可生产数十件,相比传统的切削加工工艺,生产效率大幅提高;在发动机缸体的加工中,采用多工位组合机床,一次装夹可以完成多个面和孔的加工,减少了装夹次数和加工时间,提高了生产效率。同时,合理安排加工工序,采用并行加工、流水线作业等方式,也能有效的提高生产效率。

二、汽车配件多工位专机的加工工艺优化

2.1 加工工艺参数的优化

在汽车配件多工位专机的加工过程中,切削速度是影响加工质量和效率的关键参数之一。切削速度的选择直接关系到刀具的磨损程度、切削力的大小以及加工表面的质量。当切削速度过低时,加工效率会显著降低,同时刀具与工件之间的摩擦时间增加,导致刀具磨损加剧,加工表面粗糙度增大。过高的切削速度会使切削温度急剧升高,导致刀具材料的硬度下降,加速刀具的磨损和破损。在高速切削钢材时,切削温度过高可能会使刀具的切削刃发生塑性变形,甚至出现崩刃现象,严重影响加工精度和刀具寿命。

为了确定最佳的切削速度,需要综合考虑工件材料、刀具材料、刀具几何形状以及加工工艺系统的刚性等因素。对于硬度较高的工件材料,如合金钢,应选择较低的切削速度,以保证刀具的耐用度;而对于硬度较低的材料,如铝合金,则可以适当提高切削速度,以提高加工效率。在加工高强度合金钢时,切削速度一般控制在 $50 - 100m/min$;而在加工铝合金时,切削速度可以提高到 $200 - 500m/min$ 。

进给量是指刀具在进给运动方向上相对工件的位移量,它对加工效率和表面质量也有着重要影响。当进给量过大时,单位时间内切除的材料增多,加工效率会相应提高,但同时切削力也会增大,容易导致工件变形和加工表面粗糙度增大。在铣削平面时,过大的进给量会使加工表面出现明显的刀痕,降低表面质量。

相反,进给量过小会导致加工效率降低,同时刀具与工件之间的摩擦次数增加,也会使刀具磨损加剧,加工表面质量变差。在钻孔时,过小的进给量会使钻头在孔内打滑,导致孔壁粗糙,甚至出现钻头折断的情况。

因此,合理选择进给量需要根据加工工艺要求、工件材

料和刀具的性能等因素进行综合考虑。在粗加工时,为了提高加工效率,可以适当增大进给量,但要注意控制切削力,避免工件变形和刀具损坏;在精加工时,为了保证加工表面质量,应选择较小的进给量。

2.2 刀具路径规划与优化

刀具路径规划在汽车配件多工位专机加工中起着举足轻重的作用,直接关系到加工效率和质量。合理的刀具路径规划能够使刀具在加工过程中以最短的路径、最合理的方式完成切削任务,有效减少加工时间,提高生产效率。若刀具路径规划不合理,刀具可能会在工件表面进行多余的空行程移动,这不仅会浪费时间,还会增加机床的能耗和刀具的磨损。

最短路径法是一种常用的优化策略,通过计算刀具在工件上的切削点之间的最短距离,规划出刀具的运动路径,从而减少刀具的移动距离和加工时间。在加工汽车轮毂的孔系时,运用最短路径法可以使刀具在各个孔之间以最短的路径移动,减少空行程,提高加工效率。

还可以采用分层切削、螺旋下刀等先进的刀具路径策略。分层切削适用于加工深度较大的工件,通过将工件分成若干层,刀具逐层进行切削,能够有效减少刀具的负荷,提高加工的稳定性和精度。螺旋下刀则是在刀具切入工件时,采用螺旋式的运动方式,逐渐切入工件,这种方式可以减少刀具的冲击,提高加工精度和稳定性。

借助计算机辅助制造(CAM)软件也是实现刀具路径优化的重要手段。CAM软件可以根据工件的几何形状、加工工艺要求和刀具参数,自动生成刀具路径,并通过仿真分析功能,对生成的刀具路径进行验证和优化。

三、汽车配件多工位专机的设计与优化

在汽车配件多工位专机的设计与研发过程中,基于仿真分析的结构优化是提升专机性能、确保其高效稳定运行的关键环节。通过利用有限元分析软件对多工位专机的关键部件进行深入的仿真分析,能够精准地获取部件在不同工况下的应力、应变和变形等数据,从而为结构优化提供科学依据。

在对主轴进行仿真分析时,借助有限元分析软件,如ANSYS、ABAQUS等,建立主轴的三维模型,并赋予其实际的材料属性,如弹性模量、泊松比等。设定主轴的工作转速、切削力等边界条件,模拟主轴在高速旋转和切削加工过程中的受力情况。通过仿真分析,发现主轴在某些部位出现了较大的应力集中,如主轴的前端轴承处和轴肩过渡部位。这些应力集中区域可能导致主轴在长期运行过程中出现疲劳裂纹,降低主轴的使用寿命和可靠性。

根据仿真结果,对主轴的结构进行优化设计。在应力集中的轴肩过渡部位,采用较大的圆角半径,以减小应力集中程度;优化主轴的内部结构,增加加强筋的数量和布局,提高主轴的整体刚度和强度。再次进行仿真分析,验证优化后的主轴结构在应力、应变和变形等方面是否得到有效改善。

通过对比优化前后的仿真结果,发现优化后的主轴最大应力降低了 20%,变形量减小了 15%,有效提高了主轴的性能和可靠性。

在对导轨进行仿真分析时,同样利用有限元分析软件建立导轨的模型,考虑导轨的材料特性、接触方式和润滑条件等因素。设置导轨在不同运动速度和载荷下的边界条件,模拟导轨在工作过程中的力学行为。仿真结果显示,导轨在承受较大载荷时,导轨与滑块之间的接触应力分布不均匀,部分区域出现了较高的接触应力,这可能导致导轨表面磨损加剧,影响导轨的精度和使用寿命。

针对导轨的仿真结果,采取相应的优化措施。对导轨的表面进行硬化处理,提高导轨的硬度和耐磨性;优化导轨的形状和尺寸,增加导轨的承载面积,改善接触应力分布;在导轨与滑块之间添加合适的润滑剂,降低摩擦系数,减小接触应力。经过优化后,再次进行仿真分析,结果表明导轨的接触应力分布更加均匀,最大接触应力降低了 15%,有效提高了导轨的使用寿命和运动精度。

工作台的仿真分析主要关注其在承载工件和加工过程中的变形情况。通过有限元分析软件,建立工作台的模型,考虑工作台的材料属性、结构形式和支撑方式等因素。施加工件的重量和切削力等载荷,模拟工作台在工作状态下的受力情况。仿真结果表明,工作台在承载较大重量的工件时,台面出现了一定程度的变形,尤其是在工作台的中心区域,变形量较大,这可能影响工件的加工精度。

为了优化工作台的结构,提高其抗变形能力,在工作台的底部增加加强筋的布置,采用合理的筋板结构,如井字形、米字形等,以增强工作台的刚度;选用高强度的材料制造工作台,提高工作台的强度和刚性。优化后的工作台再次进行仿真分析,结果显示工作台的变形量明显减小,在承载相同重量的工件时,中心区域的变形量降低了 30%,有效提高了工作台的稳定性和加工精度。

四、设计优化后的检验分析

在完成多工位专机的设计优化以及加工工艺的改进后,对其进行全面的检验分析是确保优化效果的关键环节。这不仅有助于验证各项优化措施是否达到预期目标,还能及时发现潜在问题,为进一步改进提供依据。

参考文献

- [1]李明,王丽.汽车配件多工位专机加工精度提升策略研究[J].制造技术与机床,2022,51(5):65-70.
- [2]周杰,吴霞.基于可靠性的汽车配件多工位专机结构改进设计[J].组合机床与自动化加工技术,2021,38(6):30-35.
- [3]王勇,赵丹.基于数控技术的汽车发动机配件多工位加工专机设计与应用[J].制造技术与自动化,2021,50(4):123-127.
- [4]蔡安江,刘博,李兵.汽车发动机缸体多工位钻削专机的设计[J].制造业自动化,2015,37(17):112-114+117.
- [5]赵飞,孙阳.汽车发动机缸体多工位加工专机的精度控制与优化[J].中国工程机械学报,2023,21(4):345-351.

制定了一套严谨的检验流程,从设备的空载运行测试开始,检查各运动部件的运行平稳性、动作协调性以及有无异常噪声和振动。随后进行负载测试,模拟实际生产中的加工工况,对不同批次、不同规格的汽车配件进行加工。在加工过程中,运用高精度测量仪器,如三坐标测量仪、激光干涉仪等,对工件的尺寸精度、形状精度和位置精度进行实时检测。同时,采用表面粗糙度测量仪检测工件的表面质量,确保其符合设计要求。

经过检验分析,发现优化后的多工位专机在加工效率方面有了显著提升。与优化前相比,有效满足了企业提高产能的需求。在加工精度方面,关键尺寸的加工误差大大减少,形状和位置精度也得到了有效保障,产品的合格率上升,大大降低了废品率,提高了产品质量。设备的稳定性和可靠性也得到了增强,减少了故障停机时间,降低了维护成本。

综合来看,本次对汽车配件多工位专机及其加工工艺的设计优化取得了良好的效果,达到了预期的目标,为企业的生产带来了显著的经济效益和质量提升。同时,检验分析过程中积累的数据和经验,也为后续设备的持续改进和升级提供了宝贵的参考。

五、结论

本研究围绕汽车配件多工位专机及其加工工艺展开深入探讨,取得了一系列具有重要理论与实践价值的成果。

利用有限元分析软件对主轴、导轨、工作台等关键部件进行仿真分析,根据分析结果对部件结构进行优化,有效提高了部件的性能和可靠性。通过对主轴的优化,降低了应力集中,提高了刚度和强度;对导轨的优化,改善了接触应力分布,提高了耐磨性和运动精度;对工作台的优化,减小了变形量,提高了稳定性和加工精度。

在汽车配件多工位专机的加工工艺优化方面,对加工工艺参数进行了深入研究。切削速度、进给量和切削深度的选择直接影响加工质量和效率,需综合考虑工件材料、刀具材料、刀具几何形状以及加工工艺系统的刚性等因素。

刀具路径规划对加工效率和质量起着关键作用,合理的刀具路径可减少加工时间和刀具磨损,保证加工质量。采用最短路径法、避免刀具碰撞、分层切削、螺旋下刀等方法,以及借助 CAM 软件,实现了刀具路径的优化。