

数控加工技术在机械智能制造中的应用

黄智川

四川宏华石油设备有限公司 四川 广汉 618300

摘要: 数控加工技术作为机械智能制造的关键支撑,在各领域应用成效显著。在精密零件加工中,凭借高精度数控机床与先进工艺,满足航空航天、医疗等对零件尺寸与性能的严苛要求;复杂曲面加工里,五轴联动数控加工中心结合CAD/CAM技术,实现汽车模具、飞机蒙皮等的高效精准加工;自动化生产线上,与工业机器人等集成,达成多品种小批量柔性生产;智能检测与质量控制环节,集成传感器与机器视觉,实现加工过程实时监测与质量把控,有力推动机械智能制造迈向新高度。

关键词: 数控加工;机械智能制造;应用

1 数控加工技术的基本概念

数控加工技术(Numerical Control, 简称NC)是现代制造业中的核心技术之一,它依托数字化信息与计算机技术,实现加工过程的自动化与精准化控制。该技术通过预先编程,将加工零件的尺寸、形状、加工工艺等参数转化为计算机可识别的数字指令,这些指令随后被数控机床接收并执行,驱动刀具与工件按预定轨迹进行相对运动,从而完成复杂形状零件的高精度加工。数控加工技术融合了机械、电子、计算机、自动控制等多学科知识,具有加工精度高、生产效率快、加工柔性好、劳动强度低等显著优势。它不仅能够满足单件小批量生产的多样化需求,也适用于大规模定制化生产,是推动制造业向智能化、精密化方向发展的重要力量。随着技术的不断进步,数控加工技术正朝着更高精度、更快速度、更智能化方向发展。

2 数控加工技术的分类

2.1 按加工方式分类

数控加工技术依据加工方式的不同,能够细分为多种具有独特特点与适用场景的类型。切削加工作为数控加工中应用最为广泛的一种方式,其核心在于利用数控车床、数控铣床、数控加工中心等先进设备,借助刀具对工件进行精确切削。在切削过程中,刀具按照预先编程的轨迹和参数,逐步去除工件上多余的材料,从而达到所需的形状和尺寸精度。这种加工方式具有高度的灵活性和通用性,能够轻松应对各种回转体、平面、曲面等零件的加工需求^[1]。无论是简单的轴类零件,还是复杂的模具型腔,数控切削加工都能以高效、精准的方式完成。特种加工则是一类突破传统切削加工范畴的先进技术,它涵盖了数控电火花加工、数控线切割加工、数控激光加工等多种形式。这些加工方式不依赖于传统的切

削力,而是巧妙地利用电、光、化学等能量直接作用于工件,实现材料的去除或改性。数控电火花加工通过电极与工件之间的脉冲放电,产生局部高温使材料熔化、汽化而被去除,特别适用于加工高硬度、高脆性、高熔点等难加工材料,如硬质合金、陶瓷等。数控线切割加工则利用细金属丝作为电极,通过脉冲放电在工件上切割出所需形状,具有加工精度高、表面质量好等优点。数控激光加工则利用高能量密度的激光束对工件进行切割、焊接、打孔等操作,具有加工速度快、热影响区小等优势。随着增材制造技术的不断发展,增材制造类数控加工也逐渐崭露头角,其中数控3D打印技术是其中的典型代表。它通过逐层堆积材料的方式构建零件,无需传统的模具和夹具,能够直接将设计数据转化为实体零件。

2.2 按控制系统分类

数控加工技术的控制系统是决定其性能和应用范围的关键因素之一,它直接影响着机床的加工精度、效率和稳定性。按控制系统分类,数控加工技术主要分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。开环控制系统是一种结构相对简单、成本较低的数控系统。在这种系统中,数控装置发出的指令信号直接控制伺服电动机的运转,而没有反馈环节来检测机床的实际运动状态。因此其控制精度主要受机械传动误差、伺服电动机的性能以及环境因素等影响。由于缺乏反馈机制,开环控制系统无法自动调整控制信号以消除误差,所以其加工精度相对较低,适用于对加工精度要求不高的场合,如一些简单的数控车床、数控铣床等。闭环控制系统则通过反馈机制实现了对机床运动状态的精确控制。在这种系统中,安装在高精度测量装置(如光栅尺、感应同步器等)上的传感器能够实时监测机床的实际运动状态,并将检测到的信号反馈给数控装置。数控装置将反

馈信号与指令信号进行比较,计算出误差值,并根据误差值自动调整控制信号,以消除误差,实现高精度加工。闭环控制系统具有控制精度高、抗干扰能力强等优点,但系统结构复杂,成本较高,且对测量装置的精度和稳定性要求较高。半闭环控制系统则介于开环控制系统和闭环控制系统之间,它通过检测伺服电机或丝杠的转动角度来间接反映机床的运动状态,并将检测到的信号反馈给数控装置。数控装置根据反馈信号调整控制信号,以减小误差。由于半闭环控制系统不直接检测机床的工作台或刀具的实际位置,因此其控制精度略低于闭环控制系统,但系统结构相对简单,成本较低,且对测量装置的要求也相对较低。半闭环控制系统是当前数控加工中应用最为广泛的一种控制系统类型,能够满足大多数数控机床的加工需求^[2]。

3 机械智能制造的特点与优势

3.1 高度自动化与智能化

机械智能制造的核心特征之一便是高度自动化与智能化。在自动化层面,机械智能制造系统能够借助先进的传感器、执行器以及工业机器人等设备,实现生产流程的自动化运转。从原材料的自动上料、加工过程中的精准操作,到成品的自动包装与存储,整个生产环节无需过多人工干预,极大降低了人力成本,同时避免了人为因素导致的操作失误与质量波动。智能化方面,通过深度融合人工智能、大数据、云计算等前沿技术,机械智能制造系统具备了强大的自我学习、自我优化与自我决策能力。系统能够实时收集生产过程中的海量数据,运用数据分析算法挖掘数据背后的潜在价值,进而对生产计划进行智能排程,对设备运行状态进行实时监测与预测性维护,提前发现并解决潜在故障隐患,确保生产过程的连续性与稳定性,推动生产效率与质量的双重提升。

3.2 精准控制与高效生产

精准控制是机械智能制造的显著优势,它依托于高精度的传感器、先进的控制系统以及精确的算法模型。在生产过程中,系统能够对各项工艺参数,如温度、压力、速度、位置等进行实时、精准的监测与调控,确保每一个生产环节都严格遵循预设的标准与规范,从而实现产品质量的精准把控与高度一致性。这种精准控制不仅提升产品的合格率,还为后续的产品追溯与质量改进提供可靠依据。与此同时,高效生产也是机械智能制造的重要目标。通过优化生产流程、减少生产环节中的等待时间与浪费,以及实现设备的协同作业与智能调度,机械智能制造系统能够大幅提高生产效率,缩短产品生产周期,快速响应市场需求,增强企业的市场竞争力。

3.3 灵活性与可定制性

在当今多元化、个性化的市场环境下,机械智能制造展现出了卓越的灵活性与可定制性。其灵活性体现在能够轻松适应不同产品类型、不同生产规模以及不同生产批量的变化。通过模块化的设计理念,机械智能制造系统中的设备与软件可以根据实际需求进行快速配置与调整,实现生产线的快速切换与重组,满足多品种、小批量的柔性生产需求。而可定制性则赋予了企业满足客户个性化需求的能力^[3]。借助数字化设计与制造技术,企业能够根据客户的特定要求,快速设计出符合其需求的产品方案,并通过智能制造系统实现个性化产品的快速定制生产。这种灵活性与可定制性不仅提升企业的市场适应能力,还为企业开辟了新的市场空间,促进企业与客户深度合作与共赢发展。

4 数控加工技术在机械智能制造中的应用现状

在机械智能制造蓬勃发展的当下,数控加工技术已成为其核心支撑技术之一,应用现状极为广泛且深入。在汽车制造领域,数控加工技术凭借高精度、高效率的特点,广泛应用于发动机缸体、曲轴、变速箱齿轮等关键零部件的加工,通过五轴联动数控加工中心等先进设备,实现对复杂曲面和微细结构的精准加工,大幅提升了汽车零部件的质量与性能;航空航天工业中,面对钛合金、高温合金等难加工材料以及复杂薄壁结构零件的制造难题,数控加工技术结合高速切削、超精密加工等工艺,确保了航空航天零部件的高精度、高可靠性和轻量化要求;模具制造行业更是离不开数控加工技术,数控电火花加工机床、数控线切割机床以及数控铣床等设备的协同作业,能够快速、精准地制造出各种复杂形状的模具,大大缩短模具制造周期,提高模具的质量和精度。另外,在电子、医疗、能源等众多领域,数控加工技术也发挥着不可替代的作用,持续推动着机械智能制造向更高水平发展。

5 数控加工技术在机械智能制造中的具体应用分析

5.1 在精密零件加工中的应用

在机械智能制造中,精密零件加工对尺寸精度、形状精度和表面质量都有着极高的要求,而数控加工技术凭借其卓越的性能成为该领域的核心支撑。以航空航天领域的发动机叶片为例,其形状复杂且尺寸精度要求极高,传统加工方式难以满足。数控加工技术通过高精度的数控机床,结合先进的刀具和切削参数优化,能够实现对叶片的微米级加工精度。在加工过程中,数控系统可以精确控制刀具的运动轨迹和切削深度,确保叶片的每一个截面形状和尺寸都符合设计要求。采用高速切削

技术,不仅能够提高加工效率,还能减少切削力和切削热对叶片的影响,避免产生变形和热损伤,从而保证叶片的表面质量和性能稳定性。在医疗器械制造中,如人工关节、心脏支架等精密零件的加工,数控加工技术同样发挥着关键作用,能够实现零件的高精度制造,为医疗领域提供高质量的植入物,保障患者的健康和安全。

5.2 在复杂曲面加工中的应用

复杂曲面加工是机械制造中的一大难题,而数控加工技术为解决这一问题提供了有效的解决方案。在汽车模具制造中,汽车覆盖件的曲面形状复杂多样,对加工精度和表面质量要求严格。数控加工技术利用五轴联动数控加工中心,能够实现对复杂曲面的高效、高精度加工。五轴联动加工可以使刀具在多个方向上进行灵活运动,能够以最佳的切削角度对曲面进行加工,避免了传统加工方式中多次装夹和定位带来的误差,大大提高了加工精度和表面质量。结合计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术,可以将复杂曲面的设计模型直接转化为数控加工程序,实现设计与制造的无缝对接,缩短产品开发周期。在航空航天领域的飞机机身蒙皮、涡轮叶片等复杂曲面零件的加工中,数控加工技术也得到了广泛应用,为航空航天工业的发展提供了重要保障。

5.3 在自动化生产线中的应用

在机械智能制造的自动化生产线中,数控加工技术是实现生产自动化、柔性化和智能化的关键技术之一。通过将数控机床与工业机器人、自动化物流系统等进行集成,构建了高度自动化的生产线。在汽车零部件生产线上,数控加工中心与工业机器人协同作业,工业机器人负责零件的自动上下料、搬运和装夹,数控加工中心则完成零件的加工任务。这种自动化生产方式不仅提高生产效率,降低劳动强度,还保证产品质量的稳定性和一致性^[4]。自动化生产线可以根据生产需求进行快速调整和切换,实现多品种、小批量的柔性化生产。当生产产品型号发生变化时,只需对数控程序和机器人程序进行相应的修改,即可实现生产线的快速切换,满足市场的多样化

需求。通过与制造执行系统(MES)和企业资源计划系统(ERP)的集成,自动化生产线能够实现生产过程的实时监控、调度和管理,提高企业的生产管理水平。

5.4 在智能检测与质量控制中的应用

智能检测与质量控制是机械智能制造的重要环节,数控加工技术在这一环节中也发挥着重要作用。通过在数控机床上集成高精度的传感器和检测装置,可以实现对加工过程的实时监测和质量检测。同时结合机器视觉技术,可以对零件的表面质量进行自动检测,如检测零件表面的划痕、裂纹、毛刺等缺陷。一旦发现缺陷,系统可以自动标记并剔除不合格零件,避免不合格品流入下一道工序。此外,通过对大量加工数据的收集和分析,利用大数据和人工智能技术可以建立质量预测模型,提前预测加工过程中可能出现的质量问题,并采取相应的预防措施,实现质量控制的智能化和主动化,提高产品的整体质量水平。

结束语

数控加工技术在机械智能制造中的应用,不仅极大提升了加工精度、效率与质量,还为生产模式的创新与变革提供了坚实的技术基础。随着技术的持续进步与融合,其在机械智能制造中的潜力将进一步释放。未来,数控加工技术将不断拓展应用领域,深化与其他先进技术的协同,助力机械智能制造实现更高水平的自动化、智能化与柔性化,为制造业的转型升级和高质量发展注入源源不断的动力。

参考文献

- [1]金海斌.智能制造技术在机械加工中的应用与优化[J].汽车画刊,2024,(10):53-55.
- [2]何剑波.数控加工技术在机械智能制造中的应用[J].现代制造技术与装备,2024,60(09):181-183.
- [3]韩利新.数控加工技术在机械制造中的应用研究[J].造纸装备及材料,2024,53(05):71-73.
- [4]冯博,郝兴安,周远果,徐慧平.数控加工技术在机械加工制造中的应用分析[J].时代汽车,2022(01):44-45.