

智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用研究

李 波

湘西民族职业技术学院, 湖南 吉首 416000

[摘要] 随着制造业对高精度和高效率的需求不断增加, 传统数控加工面临着工艺优化不足、生产效率低下等挑战。智能制造技术通过物联网、大数据、人工智能等手段, 能够实现加工过程的实时监控、数据分析和参数优化。研究重点分析了智能制造在数控编程、加工过程控制和工艺数据分析等方面的应用, 探索了如何通过智能化技术提升加工精度、降低生产成本、提高生产效率以及延长设备使用寿命。通过分析, 展示了智能制造技术在数控加工中的实际应用效果, 为推动智能制造技术在数控加工工艺优化中的广泛应用提供了理论支持和实践指导。

[关键词] 智能制造技术; 数控加工工艺; 工艺优化; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15621

中图分类号: TP278

文献标识码: A

Application Research on Intelligent Manufacturing Technology in CNC Machining Process Optimization

LI Bo

Xiangxi National Vocational and Technical College, Jishou, Hu'nan, 416000, China

Abstract: With the increasing demand for high precision and efficiency in the manufacturing industry, traditional CNC machining is facing challenges such as insufficient process optimization and low production efficiency. Intelligent manufacturing technology can achieve real-time monitoring, data analysis, and parameter optimization of the machining process through means such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence. The research focuses on analyzing the application of intelligent manufacturing in CNC programming, machining process control, and process data analysis, exploring how to improve machining accuracy, reduce production costs, improve production efficiency, and extend equipment service life through intelligent technology. Through analysis, the practical application effect of intelligent manufacturing technology in CNC machining was demonstrated, providing theoretical support and practical guidance for promoting the widespread application of intelligent manufacturing technology in CNC machining process optimization.

Keywords: intelligent manufacturing technology; CNC machining technology; process optimization; technical application

引言

随着制造业逐步向智能化和数字化转型, 智能制造技术的应用已经渗透到各个领域, 尤其是在数控加工工艺中, 展现出了巨大的潜力。作为现代制造业的核心技术之一, 数控加工在提高生产效率、加工精度以及降低人工成本方面发挥着重要作用。然而, 传统数控加工工艺依然存在不少不足之处, 例如加工过程的稳定性差、生产效率低下、能耗较高等问题, 这些因素限制了生产力的进一步提升。智能制造技术的引入, 为这些挑战提供了有效的解决方案。通过大数据、人工智能、物联网、数字孪生等先进技术, 生产过程中的各项参数能够得到实时监控, 加工设备的工作状态得以动态优化, 从而显著提升生产效率与加工质量。此外, 数字化仿真与实时监控技术的结合, 使得潜在问题得以预测并识别, 从而能够进行预防性维护, 避免设备故障导致的停机和资源浪费。借助这些技术, 数控加工工艺得以在生产过程中实现自我调整与优化, 生产的灵活性与效率因此得到提升。本研究旨在探讨智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用, 分析大数据、人工智能、物联网、数字孪生等技术的相关案例, 揭示其在数控加工中的关键

作用, 并提出相应的优化策略。

1 智能制造技术的特点

智能制造技术具备自适应性、信息化、自动化、灵活性、可持续性等多个显著特点, 使其成为现代制造业发展的重要方向。通过自我学习和优化, 智能制造系统能够不断适应生产环境和需求的变化, 提高生产过程中的效率和质量。信息化手段通过数字化、网络化和互联化实现生产过程中的信息共享与协同, 进一步促进了生产效率和质量的提升。自动化技术的应用, 使得生产过程实现无人值守, 显著降低了人工成本和生产风险。而灵活性使得智能制造能够迅速响应市场需求变化, 优化生产线配置, 提升生产效率和产品质量。同时, 智能制造还推动了可持续发展目标的实现, 通过提高生产效率并降低资源消耗, 促进了环境保护。设备的网络化和生产文档无纸化, 不仅使生产数据的采集更加实时、准确, 也减少了纸质文档的使用, 进一步提高了作业效率。利用大数据分析和可视化技术, 生产过程变得更加透明, 生产决策更加科学。此外, 智能制造的高度集成性要求各个子系统的协同工作, 打通端到端的业务流程, 进一步提升了生产的综合效能。

2 数控加工工艺的主要挑战

数控加工工艺在现代制造业中扮演着至关重要的角色,然而,在实际应用中,依然面临着多重挑战。尤其是精度控制问题,尤为突出。加工精度受到设备刚性、热变形、刀具磨损等多种因素的影响,因此,确保在长时间高负荷的加工过程中维持稳定精度,依然是一个巨大的挑战。由于加工过程的复杂性和多样性,工艺优化的难度也随之增加。数控加工涉及的工件种类繁多,每种工件的加工要求各异,因此,精确的过程规划与控制成为必不可少的任务。尤其是在处理复杂几何形状时,合理选择加工路径、刀具以及相关参数,以实现高效和高质量的加工,依然是技术人员需要解决的关键问题^[1]。加工过程中的振动、噪音、温度等物理现象,常常对加工质量产生负面影响。因此,如何有效监控并控制这些变量,以提高工艺的稳定性,仍然是亟待解决的问题。同时,随着个性化与定制化产品需求的不断增长,面对小批量、多品种生产时,如何在保证高效性的前提下保持加工稳定性,已成为制造商面临的重要挑战。不同自动化与智能化水平的数控机床,也可能导致在加工过程中出现设备故障或操作失误,这要求制造商在提升生产效率的同时,减少人为失误的发生,从而确保工艺顺利进行。

3 智能制造技术在数控加工工艺中的应用

3.1 智能制造技术在数控编程中的应用

智能制造技术在数控编程中的应用,推动了数控加工工艺朝着自动化和智能化的方向发展,显著提高了加工精度、效率和灵活性。传统的数控编程依赖人工输入与设定,操作过程繁琐,且容易受到人为失误的影响,导致程序错误、加工时间过长以及材料浪费等问题。与之相比,基于人工智能、机器学习、大数据分析以及数字孪生等技术的智能制造技术,已在数控编程中实现了智能化、自动化与优化的深度融合。工件的几何形状、材料属性与加工要求,能够被智能编程系统自动识别,符合工艺要求的加工程序也能够自动生成,并通过算法优化切削路径。此过程不仅有效减少了人工干预,还能通过历史数据与工艺反馈进行动态调整,从而适应复杂多变的加工需求。借助机器学习算法,编程系统能够不断学习与积累大量加工数据,进而优化加工路径与顺序,预测潜在的加工错误或不良,确保高效且精准的加工过程。与此同时,数字化仿真技术的引入,使得编程过程更加精确。通过虚拟仿真,工程师可以在编程阶段模拟整个加工过程,潜在的冲突、干涉或加工误差能够被提前发现,从而避免了试加工与修正的环节,节省了时间与成本,提升了生产效率与零件的合格率。智能编程技术还能够根据加工条件、刀具选择与切削参数进行自动优化,避免了因刀具选择不当或参数设定不合理而引起的刀具磨损过度、加工精度不足等问题。借助物联网技术与大数据分析,数控编程不仅能够实时监控加工过程,

还能够根据设备状态与生产条件进行自动调整,从而确保加工过程中的设备稳定性与工艺的持续性。

3.2 智能制造技术在加工过程中的实时监控与调整

智能制造技术在数控加工过程中的实时监控与调整应用,大幅提升了加工过程的精度、稳定性及效率。传统的数控加工依赖数控系统执行加工程序,但通常缺乏对实际加工状态的即时反馈与调整机制,这容易导致加工误差的累积或设备故障的滞后发现。与之相比,智能制造技术,特别是物联网、大数据、传感器及云计算等技术的融合,使得数控加工过程能够实现全方位、实时的监控,并依据实时数据自动进行调整,从而确保加工质量与生产效率得到最大化。通过传感器与物联网技术,数控机床的多项关键参数,如切削力、温度、振动及刀具磨损等,能够实现实时监测。传感器采集的数据,通过无线网络传输至中央控制系统,及时为加工过程提供状态反馈。这些数据被即时传输至数控系统,使其能够迅速感知加工过程中可能出现的异常^[2]。例如,当刀具磨损到一定程度时,预警信号会由传感器发出,数控系统可依据该信号自动调整切削参数或更换刀具,从而避免刀具失效引起的加工误差或废品。通过实时监控切削力与温度,系统能够精准评估加工过程中的负荷情况,若发现切削力超出设定范围,加工参数可立即被系统调整,或暂停加工,以避免设备过载或其他加工问题的发生。此外,借助大数据分析与云计算技术,智能制造能够对加工过程进行更深入地分析与优化。通过云平台,数控机床将来自不同设备与工序的数据整合,经过大数据分析处理,从而为生产决策提供精准支持。这些决策不仅依赖历史加工数据,也结合实时数据进行优化。例如,系统可基于过往加工经验与当前监控数据,自动调整切削速度、进给率等参数,以满足不同材料的加工需求,确保加工质量与效率的最优化。

3.3 基于人工智能的加工参数优化

基于人工智能的加工参数优化,作为智能制造技术在数控加工中的关键应用之一,正在彻底改变传统加工工艺的决策模式。传统的加工参数优化通常依赖经验和人工调整,虽然这种方式能够在一定程度上提升加工质量与效率,但其局限性在于难以快速应对复杂多变的加工环境,且受制于操作人员的经验与判断力。人工智能(AI)的引入,特别是机器学习与深度学习技术的应用,使得加工参数的优化过程变得更加精准、高效,并具备了自适应性。通过对大量历史加工数据的学习,最佳的参数组合,能够被人工智能识别,以适应不同加工工况。AI算法通过实时监测切削力、切削温度、刀具磨损等多个因素,能够迅速预测并优化加工参数。例如,在加工高硬度材料时,实时数据能够被AI用来调整切削速度、进给量及切削深度等参数,从而确保加工过程的稳定性以及刀具的使用寿命。通过持续的数据积累与分析,AI系统能够为不同材料、工

艺和设备条件提供个性化的加工方案,真正实现“智能化”加工。与传统加工中一旦设定便难以调整的参数不同,AI技术能够实现加工过程的自适应调整。加工过程中的变化,如刀具磨损、切削力波动及温度变化等,能够被实时监控,系统会自动优化加工参数。此种动态调整不仅有效避免外部因素带来的加工误差,还能最大化提高生产效率,减少不必要的浪费。例如,当AI系统检测到切削力出现异常波动时,加工参数可立即被调整,从而避免工件损伤或设备过载,并延长机床与刀具的使用寿命。人工智能在加工参数优化中的应用,并不限于单一工序的优化,它还能够对整个生产过程进行综合优化。在多工序加工中,各工序的加工参数能够通过AI系统协调,整体加工策略得以优化,从而提升整体生产效率。这种跨工序的优化不仅缩短了生产周期,还能确保产品的一致性与精度。此外,AI还具备预测潜在加工问题的能力,如刀具磨损或设备故障等^[3]。

3.4 物联网与大数据在工艺数据分析中的应用

物联网(IoT)与大数据技术在数控加工工艺中的应用,显著提高了生产效率、工艺优化及设备管理水平。通过传感器与智能设备,物联网实时采集加工过程中的各种数据,并将其传输至云平台,从而确保生产过程的透明化与可监控性。所采集的数据涵盖了温度、湿度、压力、切削力、刀具磨损等多个关键参数,这些数据能够通过物联网技术及时上传,并实现与其他系统的互联互通。在这些海量数据的存储、分析与处理过程中,大数据技术扮演了至关重要的角色。对采集数据进行深度分析与挖掘,潜在问题及其隐性规律能够被揭示。例如,通过分析不同切削条件下的温度变化、振动数据及刀具磨损情况,刀具的使用寿命可以被预测,进而采取适当的刀具更换策略,以防止因刀具磨损过度导致的加工误差与停机。此外,基于历史数据,大数据技术能够建立模型,对加工过程中的变化进行趋势预测与风险评估,提供科学的决策支持。通过持续监控与实时反馈,加工参数能够被自动调整,从而确保加工过程的稳定性与精度,进一步提升产品质量及生产效率。同时,物联网与大数据的结合,促进了设备的智能化管理。设备状态能够通过系统实时监测,在设备故障发生前发出预警,实现预测性维护,降低停机时间与维修成本。通过这种智能化的管理模式,设备运行变得更加高效稳定,为生产过程的顺畅进行提供了保障。

3.5 数字孪生技术在数控加工工艺优化中的应用

数字孪生技术在数控加工工艺中的应用,正在成为提升生产效率、加工精度与优化过程的关键技术手段。通过实时采集设备与加工过程的数据,数字孪生构建了与实际物理世界同步的虚拟模型,从而实现了加工过程的实时监控、分析及优化。在数控加工中,虚拟的加工过程模型得以建立,数字孪生能够准确再现每个加工环节的状态,如刀具运动轨迹、切削力、温度分布及刀具磨损情况等。

这些数据不仅有助于操作人员在加工过程中及时调整参数,还能通过仿真分析预测潜在问题,如振动和刀具磨损等,从而避免了实际生产中的加工误差或停机事故^[4-5]。此外,数字孪生技术能够与物联网及大数据技术结合,通过实时传输的加工数据对虚拟模型进行不断更新,虚拟模型与现实加工过程之间的差距得以最大程度地缩小,从而实现了闭环反馈控制。这一过程的优化,进一步提升了加工过程的准确性与稳定性。虚拟试验还可在加工前进行,数字孪生通过模拟不同的加工方案及条件,帮助选择最优的加工路线及参数设置,从而减少了实际生产中的试错成本。在复杂零件的加工中,通过多维度模拟加工过程,数字孪生技术有效降低了加工误差,提升了产品的一致性与精度。这种精确的虚拟模拟,不仅增强了加工的可控性,还为高精度产品的制造提供了保障。

4 结语

本研究深入探讨了智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用。通过引入物联网、大数据、人工智能以及数字孪生等先进技术,数控加工工艺在多个方面得到了显著提升,特别是在加工精度、效率、资源利用率的提高以及生产周期的缩短方面,表现尤为突出。加工过程的实时监控与动态调整,由智能制造技术实现,为确保加工精度提供了有力支持。同时,通过加工参数的优化及预测分析的应用,误差在加工过程中得以减少,工艺稳定性进一步提升。然而,技术的广泛实施,依然面临着数据安全性、系统集成及技术普及等问题。这些挑战,必须在未来的研究中得到更为深入的解决,同时推动相关技术的持续发展与应用。随着技术的不断创新与进步,智能制造在数控加工工艺优化中的作用,将愈加重要,并助力制造业朝着更加高效、精准与智能化的方向迈进。

【参考文献】

- [1]佚名.智能制造领域 2025 前瞻技术预测[J].智能制造,2025(1):9.
 - [2]肖阳.智能制造技术在机械制造中的应用与挑战[N].重庆科技报,2025-02-06(04).
 - [3]凌洪青.智能制造背景下机电一体化技术的发展探索[J].造纸装备及材料,2025,54(1):66-68.
 - [4]何亮,高俊,曾熠峰.浅谈智能制造技术在工业自动化中的应用[J].电子元器件与信息技术,2024,8(12):55-57.
 - [5]石祝莉.智能制造技术在工业自动化中的应用[J].数字技术与应用,2024,42(6):26-28.
- 作者简介:李波(1984.10—),性别:男,学历:本科,研究方向:数控技术、模具设计与制造,目前职称:讲师;贾越华(1981—),性别:男,民族:土家族,学历:本科,目前职称:讲师,主要研究方向:冲压模具结构设计与制造。