

机械数控加工水平的影响因素及提升策略

杨 祥

宁夏天地奔牛实业集团有限公司 宁夏 石嘴山 753000

摘 要: 随着制造业向高端化加速转型升级, 竞争愈发激烈。本文聚焦机械数控加工水平, 深入探讨其影响因素与提升策略。先对机械数控加工水平进行概述, 接着从设备自身精度、工艺参数设定、刀具选择与管理、操作人员技能、环境条件等方面剖析影响加工水平的因素。最后针对性地提出优化设备选型与维护、精准设定工艺参数、强化刀具管理、提升人员素质、改善加工环境等提升策略, 旨在为提高机械数控加工水平提供理论参考与实践指导, 助力制造业高质量发展。

关键词: 机械数控加工; 水平影响因素; 提升策略

引言: 在制造业蓬勃发展的当下, 机械数控加工作为关键技术, 其水平高低直接影响产品质量与生产效率, 对企业在市场竞争中的地位起着决定性作用。高水平的机械数控加工能够精准制造出复杂且高质量的零部件, 满足各行业日益多样化的需求。然而, 当前机械数控加工领域仍面临诸多挑战, 加工水平受多种因素制约。深入分析这些影响因素, 并探寻切实可行的提升策略, 成为推动机械数控加工技术进步、提升制造业整体竞争力的紧迫任务。

1 机械数控加工水平的概述

机械数控加工是现代制造业中一种高度自动化、智能化的加工方式, 它依托数控技术, 通过预先编程设定好的数字指令, 精准控制机床设备的运动轨迹、切削参数等, 实现对各类金属或非金属材料的高精度加工。与传统加工方式相比, 机械数控加工具有显著优势。其加工精度极高, 能够稳定地达到微米甚至纳米级别, 有效保证产品尺寸的一致性和形状精度, 极大提升了产品质量, 满足高端制造业对精密零部件的需求。同时, 数控加工具备强大的柔性, 只需更改程序代码, 就能快速切换加工不同形状和规格的产品, 极大缩短了产品换型时间, 提高了生产灵活性, 适应多品种、小批量生产的市场趋势。此外, 机械数控加工还大大提高了生产效率。自动化运行模式减少了人工干预, 机床可连续长时间工作, 且加工速度快、稳定性好。而且, 数控系统具备自动检测和补偿功能, 能及时发现并纠正加工过程中的误差, 降低废品率^[1]。

2 影响机械数控加工水平的因素

2.1 设备自身精度

设备自身精度是影响机械数控加工水平的基础因素。数控机床的定位精度决定了工件加工位置的准确程

度, 若定位精度低, 会导致工件尺寸偏差、位置错位等问题。重复定位精度也至关重要, 它反映了机床多次定位的一致性, 重复定位精度不佳会使同一批次工件的质量参差不齐。此外, 机床的几何精度, 如主轴的回转精度、导轨的直线度等, 直接影响加工表面的粗糙度和形状精度。主轴回转误差会使加工出的孔或轴出现圆度误差; 导轨直线度差会导致刀具运动轨迹偏差, 影响工件的直线度和平面度。而且, 随着设备使用时间的增长, 机械部件的磨损、松动等问题会逐渐显现, 进一步降低设备精度, 从而对加工水平产生不利影响。

2.2 工艺参数设定

工艺参数设定对机械数控加工水平起着关键作用。切削速度、进给量和背吃刀量是主要的切削参数。切削速度过高, 会使刀具磨损加剧, 甚至产生崩刃现象, 影响加工表面质量; 切削速度过低, 则会导致加工效率低下。进给量过大, 会使切削力增大, 引起工件振动, 导致表面粗糙度变差; 进给量过小, 会延长加工时间。背吃刀量的选择也需谨慎, 过大易造成刀具损坏和机床振动, 过小则无法有效去除材料。此外, 冷却液的使用参数, 如流量、压力和种类, 也会影响加工效果。

2.3 刀具选择与管理

刀具选择与管理是影响机械数控加工水平的重要因素。不同类型的刀具适用于不同的加工材料和工艺。例如, 加工硬质材料时需选用硬度高、耐磨性好的刀具; 加工精密零件则要选择精度高、刚性好的刀具。若刀具选择不当, 会导致加工效率低下、表面质量差甚至无法完成加工。刀具管理同样重要, 刀具的磨损、破损情况直接影响加工质量。未及时更换磨损的刀具, 会使加工尺寸出现偏差, 表面粗糙度增大。刀具的安装和调整也不容忽视, 不正确的安装方式可能导致刀具振动、偏心

等问题,影响加工精度。

2.4 操作人员技能

操作人员技能对机械数控加工水平有着直接影响。熟练的操作人员能够准确理解和运用数控编程知识,根据工件的加工要求编写出高效、合理的加工程序。他们熟悉机床的操作界面和各种功能,能够快速准确地设置工艺参数,确保加工过程的稳定性和准确性。在加工过程中,操作人员需要具备敏锐的观察力,及时发现机床的异常振动、声音变化等问题,并采取相应的措施进行调整,避免出现加工质量事故。此外,操作人员的质量意识和责任心也至关重要。缺乏质量意识的操作人员可能会忽视一些细微的质量问题,导致产品不合格;

2.5 环境条件

环境条件对机械数控加工水平有着不可忽视的影响。温度方面,机床在运行过程中会产生热量,同时环境温度的变化也会影响机床的精度。温度过高会使机床零部件热膨胀,导致加工尺寸偏差;温度过低则可能使润滑油粘度增大,影响机床的运动灵活性。湿度也是一个重要因素,高湿度环境容易导致机床电气元件受潮,引发短路等故障;同时还会使金属材料生锈,影响刀具和工件的质量。空气中的灰尘和杂质会附着在机床导轨、丝杠等运动部件上,增加磨损,降低机床精度;还会进入机床电气系统,影响电气元件的正常工作^[2]。

3 提升机械数控加工水平的策略

3.1 优化设备选型与维护

(1) 精准匹配设备性能与加工需求是选型的核心原则。需根据加工材料的硬度、韧性及精度要求,选择具备相应主轴功率、转速范围和刚性结构的机床。例如,高硬度合金加工需配备高扭矩主轴以避免闷车,而薄壁件加工则需低速大进给设备以减少变形。同时,需评估设备的扩展性,如是否支持多轴联动、自动化接口及智能传感器集成,为未来技术升级预留空间,避免因功能局限导致重复投资。(2) 构建分级维护体系以保障设备稳定性。实施“日常点检+定期精调+年度大修”的三级维护制度:操作人员每日检查润滑系统、冷却液浓度等基础指标;维修团队每周使用激光校准仪检测机床几何精度,对导轨磨损、丝杠间隙等隐患进行补偿调整;年度大修则由专业团队拆解核心部件,更换易损件并重新喷涂防护涂层。通过标准化流程将设备故障率控制在1%以下,确保加工一致性。(3) 利用数字化工具实现预测性维护。部署IoT传感器实时采集主轴振动、温度、功率等数据,通过机器学习模型分析设备健康状态。当振动频率偏离基准值15%时,系统自动触发预警并生成维修建

议,将非计划停机时间减少60%。同时,建立设备数字档案,记录全生命周期维护数据,为工艺参数优化提供依据,形成“数据驱动-精准维护-性能提升”的闭环管理。

3.2 精准设定工艺参数

(1) 需基于材料特性与刀具性能构建参数数据库。不同材料的切削力、导热性及加工硬化倾向差异显著,需通过试验测定其切削力系数、刀具磨损速率等关键指标,并结合刀具涂层类型(如TiAlN、金刚石涂层)、几何角度(前角、后角)建立参数匹配模型。例如,硬质合金刀具加工不锈钢时,切削速度需控制在80-120m/min以避免月牙洼磨损,而陶瓷刀具可提升至200m/min以上。(2) 采用多目标优化算法确定最优参数组合。以加工效率、表面质量及刀具寿命为优化目标,运用遗传算法或粒子群优化算法,在切削速度、进给量、切削深度等变量空间中搜索帕累托前沿。例如,在粗加工阶段可适当提高进给量(0.3-0.5mm/r)以提升材料去除率,而精加工阶段需降低至0.1-0.15mm/r以控制表面粗糙度。通过仿真软件(如AdvantEdge)验证参数合理性,减少试切次数。(3) 实施动态参数调整以适应加工状态变化。集成力传感器、振动传感器实时监测切削力波动、主轴负载率等信号,当监测值超过阈值时,系统自动触发参数修正逻辑。例如,切削力突增可能预示刀具磨损或排屑不畅,此时可降低进给量10%-20%并增加冷却液流量;而振动超标时则需调整主轴转速以避开共振频率。通过闭环控制将加工稳定性提升30%以上,实现参数从“静态设定”到“动态适配”的升级。

3.3 强化刀具管理

(1) 构建全生命周期刀具管理系统是核心基础。从刀具采购入库起,需建立唯一编码标识,记录刀具材质、涂层类型、几何参数等基础信息,并通过RFID芯片或二维码实现全流程追溯。在刀具使用阶段,采用智能刀柄集成压力、温度传感器,实时监测切削状态,当磨损量达到临界值时自动触发更换预警。退役后,对刀具进行失效分析(如磨损形态、崩刃位置),将数据反馈至采购环节优化选型,形成“采购-使用-分析-改进”的闭环管理链条。

(2) 实施分级存储与精准配送机制提升使用效率。根据刀具类型(如铣刀、钻头、镗刀)和使用频率划分存储区域,高频刀具置于离机床最近的智能货柜,支持语音/扫码快速取用;备用刀具则存放于恒温恒湿库房,避免涂层氧化。引入AGV小车实现刀具自动配送,结合MES系统下发的加工任务,提前10分钟将所需刀具送达机床,减少非加工时间。某企业通过此模式将刀具准备

时间从15分钟/次缩短至3分钟,设备利用率提升12%。

(3) 强化刀具刃磨与再制造技术延长使用寿命。建立标准化刃磨流程,使用五轴数控刃磨机确保刀具几何角度精度 $\leq 0.5^\circ$, 并采用激光检测仪验证刃口质量。对高价值刀具(如整体硬质合金铣刀)实施涂层修复,通过PVD技术重新沉积TiAlN涂层,恢复其耐磨性。数据显示,科学刃磨可使刀具寿命延长2-3倍,再制造成本仅为新刀的30%,显著降低单件加工成本。

3.4 提升人员素质

人员素质是机械数控加工水平提升的关键因素,需从多方面加以强化。(1) 强化专业技能培训。机械数控加工涉及复杂的编程、操作与维护知识,企业应定期组织专业课程,涵盖数控系统原理、加工工艺规划、刀具选型等核心内容,帮助员工构建系统的知识体系。同时,开展实操训练,让员工在真实设备上编程调试、零件加工,通过反复练习提升操作熟练度与精度控制能力,确保能精准完成各类加工任务。(2) 培养质量意识与责任心。质量是产品的生命线,要让员工深刻认识到每一个加工环节都关乎最终产品质量。通过质量案例分析、质量标准宣贯等方式,强化员工对质量重要性的认知,使其在工作中自觉遵守质量规范,严格把控每一道工序,对加工出的零件进行细致自检,杜绝不合格品流入下一环节。(3) 鼓励创新思维与持续学习。机械数控领域技术更新迅速,企业要营造鼓励创新的学习氛围,为员工提供学习新技术、新方法的平台与资源,如在线课程、行业研讨会等。激励员工结合实际工作提出创新想法,对有价值的创新成果给予奖励,推动员工不断探索更高效、更优质的加工方式,以适应行业发展的需求。

3.5 改善加工环境

加工环境对机械数控加工的质量、效率以及设备寿命有着不可忽视的影响,需从多方面加以改善。(1) 优化温湿度控制。机械数控加工对环境温湿度较为敏感,温度波动可能导致设备热变形,影响加工精度;湿度过

高则可能引发电气元件短路、金属部件生锈等问题。应在加工车间安装专业的温湿度调节设备,如工业空调和除湿机,将温度稳定在20-25°C,相对湿度控制在40%-70%,为设备和加工过程创造稳定的环境条件。(2) 强化洁净度管理。加工过程中产生的金属切屑、灰尘等杂质,不仅会污染加工零件表面,降低产品质量,还可能进入设备内部,磨损运动部件,缩短设备使用寿命。要建立严格的清洁制度,定期清扫车间地面、设备表面,安装高效的通风除尘系统,及时吸走加工产生的切屑和粉尘,保持车间空气清新、地面整洁。(3) 降低噪音与振动。数控设备运行时产生的噪音和振动,不仅会影响操作人员的身心健康,还可能干扰设备的正常运行,降低加工稳定性。可通过在设备基础安装减震装置、为高噪音设备设置隔音罩等方式,有效降低噪音和振动强度,为操作人员提供一个安静、舒适的工作环境,同时保障设备的稳定运行^[3]。

结束语

机械数控加工水平受设备、工艺、人员、环境等诸多因素交织影响,这些因素相互关联、彼此制约,共同决定着加工的质量、效率与成本。提升机械数控加工水平并非一蹴而就,而是需要从优化设备选型与维护、精准设定工艺参数、强化刀具管理、提升人员素质以及改善加工环境等多维度协同发力。只有持续关注并改进这些关键因素,构建科学、完善的管理与技术体系,才能推动机械数控加工技术不断进步,使企业在激烈的市场竞争中占据优势,实现可持续发展,为制造业的高质量发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]莫小凤.模具数控加工质量的影响因素分析及对策研究[J].中国金属通报,2020(04):191-192.
- [2]金志刚.关于模具数控加工质量的影响因素分析及对策探讨[J].内燃机与配件,2020(03):75-76.
- [3]姚翠萍,张文杰.模具数控加工质量的影响因素分析及对策探讨[J].技术与市场,2021,26(08):135-136.