

自润滑轴承零部件制造的数控节能工艺研究

程炯豪 姜志文

莱瑞斯曼（浙江）精密机械有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】在自润滑轴承零部件制造领域，数控技术的应用为提升加工精度、降低能耗带来了全新契机。该领域的节能工艺，不仅能有效缩减生产成本，还可显著延长设备使用周期。于自润滑轴承制造过程中，选用节能型数控设备、优化刀具行进路线、调控切削参数，已成为提高生产效率的重要方式。此外，精准的工艺布局、得力的能源统筹以及实时的系统监测，也是成功践行节能策略的关键要点。通过技术迭代与流程优化，数控节能工艺呈现出广阔的发展前景。

【关键词】自润滑轴承；数控工艺；节能技术；刀具路径优化；能源管理

Research on CNC energy saving process of self-lubricating bearing parts manufacturing

Cheng Jionghao Jiang Zhiwen

Lairesman (Zhejiang) Precision Machinery Co., LTD. Zhejiang Jiaxing 314000

【Abstract】In the field of self-lubricating bearing component manufacturing, the application of numerical control technology has brought new opportunities for improving processing accuracy and reducing energy consumption. Energy-saving processes in this area not only effectively reduce production costs but also significantly extend equipment life. During the manufacturing process of self-lubricating bearings, selecting energy-efficient numerical control equipment, optimizing tool path, and adjusting cutting parameters have become important methods to improve production efficiency. Additionally, precise process layout, effective energy management, and real-time system monitoring are key points in successfully implementing energy-saving strategies. Through technological iteration and process optimization, numerical control energy-saving processes show broad prospects for development.

【Key words】self-lubricating bearing; CNC process; energy saving technology; tool path optimization; energy management

引言：

自润滑轴承零部件的制造要求在精度与效率上都有着严格标准。在这一背景下，数控技术的引入为提升生产力和降低能耗提供了可能。数控节能工艺不仅仅是生产过程中的一种选择，更是制造业可持续发展的必由的道路。从节能型设备的选择到切削参数的合理设计，每一环节的优化都能为企业带来实质性的经济效益和环境效益。数控节能工艺正成为推动行业进步的重要力量。

1. 自润滑轴承零部件制造与数控工艺概述

1.1 自润滑轴承零部件的特点和制造要求

通过特殊设计，自润滑轴承零部件能够在无外部润滑的情况下运行，因此其也被广泛应用于高负荷、高速度、无油环境的机械设备中。与传统的轴承相比，自润滑轴承的核心特点是其内部固体润滑材料的使用，这种设计不仅减少了润滑剂的依赖，还有效避免了传统润滑系统可能导致的污染问题。这类轴承常见的材料包括石墨、二硫化钼、聚四氟乙烯（PTFE）等，这些材料能够在高温、高压下维持稳定的润滑性能^[1]。

在制造过程中，自润滑轴承的精度要求极为严格。任何细微的加工误差都可能影响到其运行寿命与性能，因此，精密的数控加工技术在其制造中占据了重要地位。尤其是内外环的尺寸精度、表面光洁度以及润滑材料的均匀分布，都是制造过程中的关键控制点。

1.2 数控工艺的原理和优势

数控（NC）工艺是一种通过计算机程序控制机床进行精密加工的技术，它突破了传统机械加工中人工控制的局限，使加工过程更加高效、精确。数控系统能够根据设计图纸的数字信息，控制刀具的运动轨迹，实现复杂形状零部件的高精度加工^[2]。在自润滑轴承零部件的制造中，数控工艺能够精确控制刀具的运动路径及切削过程，确保轴承的尺寸与表面质量符合高标准。与传统的手工操作相比，数控加工大大提高了生产效率，并能确保高一致性的产品质量。例如，通过数控车床加工，可以在较短时间内完成多次精密切削和加工，从而有效提升生产率和降低废品率。

1.3 数控节能工艺的概念和潜在价值

数控节能工艺聚焦于精细调控加工进程的各个环节，通过对工艺参数的深度优化、加工路径的精妙规划以及设备资源的合理配置，致力于降低能源消耗并提升加工效率。在自润滑轴承制造这一特定领域，节能工艺的应用具有举足轻重的地位。传统加工方式往往存在能耗畸高、物料浪费严重等

问题,而数控技术凭借对切削参数的精确制导、刀具路径的优化整合以及设备选型的科学考量,能够显著缓解这些问题。例如,在选用节能型数控加工设备时,采用效能卓越的伺服电机和智能化的自动化系统,可有效降低能量耗散。同时,通过精准设定切削参数,如合理降低切削速度、优化进给量等,能够进一步减少能耗。这些节能举措不仅能够降低制造成本,还能延长设备的使用周期,减少维护频次,为企业带来更为深远的经济效益。从宏观层面看,数控节能工艺的潜在价值,不仅体现在能耗的降低上,更在于其为制造业向绿色、可持续发展模式的转型提供了强大驱动力。随着环保和节能要求的不断提升,这一工艺将在未来制造业中扮演愈发重要的角色。通过深度融合先进的节能技术和理念,数控工艺将成为自润滑轴承制造领域中不可或缺的核心竞争力。

2. 自润滑轴承零部件制造中数控节能工艺的应用现状

2.1 常见的数控节能技术和方法

在自润滑轴承零部件生产领域,数控节能技术意义非凡。当下,常见节能手段多围绕加工流程优化、能耗降低及生产效率提升展开。精准规划刀具的最优运动轨迹,可有效缩减切削用时,减少能量损耗。于自润滑轴承加工时,刀具路径的合理规划,既能缩短加工周期,又能减轻机床负荷,降低能耗^[3]。比如,采用先进数控软件,能实时调整刀具进给速度与切削深度,避免传统加工中因操作失误或无效切削造成的能源浪费。并且,通过实时监测加工状态,依据材料特性与工艺要求,数控系统可自动调节切削参数,像切削速度、进给量、切削深度等,实现精准且低能耗的加工。尤其在高强度自润滑轴承制造中,切削产生的热量与机械摩擦大,合理设置切削参数能有效降低能耗,提高加工精度。此外,现代数控机床融入众多节能技术,如高效伺服驱动系统、低功耗电机。这些技术不仅降低电能消耗,还延长设备使用寿命,为企业带来持久经济效益。

2.2 目前在行业内的应用程度和效果

当前,数控节能工艺在自润滑轴承零部件制造行业已有一定应用基础,在部分高端制造企业应用广泛。例如,不少国际知名轴承制造商引进智能化数控设备,搭配自动化生产线,达成全程节能生产。这些企业通过优化切削工艺,成功将能源消耗降低 15% - 20%。不过,尽管节能工艺获行业认可,但推广应用仍存挑战。一些中小型企业,在技术投入上力有不逮,特别是高精度设备与智能控制系统的引进困难重重。同时,部分传统制造工艺仍在沿用,致使与现代节能工艺间产生技术壁垒。

3. 数控节能工艺在自润滑轴承零部件制造中的关键技术

3.1 节能型数控加工设备的选择与应用

在自润滑轴承零部件生产领域,节能型数控加工设备的

挑选至关重要,其对加工精度、效率以及能源消耗状况均有直接影响。随着科技日新月异,现代数控机床广泛采用高性能的伺服电机、智能化控制系统以及低能耗驱动装置等先进配置。这些设备在保障加工精度的同时,能极大地降低电能消耗。比如,一些高端数控车床采用精密的伺服驱动技术,不仅能快速响应并实现高效动力传输,还能根据实时加工负荷自动调整功率输出,从而减少不必要的能量损耗。选用这类节能型设备,可显著降低自润滑轴承生产中的能源消耗,进而降低整体生产成本。对于像轴承内圈微小加工这类特定工艺需求,此类设备更能提供稳定的精度与高效的动力保障。

3.2 刀具路径优化与节能策略

在数控节能工艺体系里,刀具路径优化能够有效降低加工时间与能量消耗。在自润滑轴承制造过程中,刀具路径的优化不仅能提高切削效率,还能在确保表面质量的同时,减少多余的能量浪费。通过精准计算最佳路径,避免过度切削或无效进给,可大幅提高生产效率并减轻机器负荷。例如,在加工轴承外圆和内孔时,合理的路径设计能够避免过多的返程与时间浪费。一些先进的数控系统能够通过算法计算出最短切削路径,避免无价值的刀具移动,这不仅缩短了加工时间,还有效减少了因刀具振动和摩擦造成的能量损失。刀具路径优化通过提升工作效能,间接达成更低的能耗,使整个生产过程更具高效性与环保性。

3.3 切削参数的合理设定与节能考量

自润滑轴承零部件多由特殊合金、工程塑料等材质制成。在金属加工范畴内,这些材料加工时,对切削速度、进给量、切削深度等参数要求极为苛刻。若切削速度过高或切削深度不当,易造成能量虚耗,还会影响加工精度^[4]。故而,科学恰当地设定切削参数,既能提升加工效率,又能有效降低能耗。比如,在自润滑轴承加工中,通过优化切削速度与进给量,可使刀具在保障表面质量的同时,减少热量逸散,避免刀具过度损耗,从而降低能耗。在智能控制领域,部分数控系统会利用实时监测反馈自动调节切削参数,确保在不同材料和工况下都能实现最优节能效果。工艺师通过精准把控切削参数,依据实时数据调控加工过程,防止出现功率冗余或无效加工。这种动态调适在工业生产中,不仅能提高生产效能,还能让电能消耗物尽其用,最大程度达成节能愿景。

4. 数控节能工艺的实施策略

4.1 工艺规划与流程优化

在自润滑轴承零部件制造里,各生产环节都可能左右最终能耗。所以,工艺规划不能仅着眼于产品质量与加工精度,还得从起始阶段就对加工步骤进行优化,杜绝无谓的能源浪费。例如,自润滑轴承生产时,合理规划工艺流程是降低能耗的关键要点。运用运筹学原理,优化加工顺序与刀具选型,可规避多余加工环节。像某些几何形状繁复的轴承,采用多工序整合加工,能避免频繁更换刀具和重置机床参数,有效减少设备空转与待机时间。这种精密的工艺规划,缩短了生

产周期,降低了能源消耗,达成节能成效,契合先进制造理念。同时,引入自动化传输系统和智能调度系统,减少人工介入和设备闲置,既提升生产效率,又保障各环节以低能耗完成作业。

4.2 能源管理与监控系统的建立

能源管理与监控系统是数控节能工艺实施中必不可少的部分。实时监测能源消耗,能深入了解生产过程中的能源使用状况,进而制定针对性节能策略。自润滑轴承制造中,搭建能源监控系统,既能全程监控电力消耗,又能实时采集与分析设备运行数据。当下许多数控机床具备智能能源监控功能,可实时反馈电机功率消耗、设备运行效能等关键信息。一旦监控系统察觉设备能耗异常或负荷不均,便会即刻发出警报,或自动调整设备运行模式以降低能耗^[5]。例如,部分先进企业搭建数字化能源管理平台,利用物联网技术连接所有生产设备,通过对实时数据的深度挖掘与分析,助力管理者及时调整能源使用方案。这种模式让企业能更精细地管理能源,减少损耗,优化电力调配,实现节能目标,涉及能源管理科学、信息技术等多领域知识。

4.3 人员培训与节能意识培养

在工业生产范畴内,任何节能工艺的顺遂施行,均离不开生产人员的助力与投身。节能意识的培育和员工技能的精进,是保障数控节能工艺稳健运行的基石。就自润滑轴承制造而言,操作人员对节能技术的领会与践行,直接关乎工艺的执行效能。比如,需定期为技术人员开展节能培训,使其知悉节能型数控设备的特质与操作要领。这能助力操作员在日常生产里,巧妙运用节能策略,像合理整定切削参数、精研刀具路径等。培训内容既涵盖技术操作的窍门,也应注重节能意识的濡染,让员工明白节能不仅是技术改良的成果,更是一种可长久维系的生产范式。另外,创设节能激励机制,也是增强员工节能意识的重要方式。通过对节能表现突出的员工予以褒奖,能调动员工的积极性,营造全员参与的节能风尚。这种“以节能为耀”的企业文化,不仅利于技术的鼎新,更能激发全员协同节能的热忱。

5.面临的挑战与解决措施

5.1 技术难题与设备投入

在自润滑轴承数控节能工艺付诸实践的时候,尽管节能

技术日臻成熟,可众多中小型企业仍面临设备更新的棘手难题。特别是节能型数控机床,其初期投资不菲,令企业踌躇不前。现存设备在能源管理及优化功能上存在短板,导致节能潜力未能充分挖掘。面对此况,需促使政府与行业协会在技术研发、设备采购方面予以支持。鼓励企业依托政策扶持,推进设备升级与智能化改造。企业自身也可稳步积累技术,采取渐进式设备更新策略,缓解一次性投入的重负。依据企业实际,逐步推广高效节能技术,于关键环节实现技术突破,杜绝盲目冒进。

5.2 人员技能与节能意识的缺乏

尽管节能工艺逐步推广,但部分操作人员对节能技术的理解仍停留在表面,缺乏有效的节能执行力。在一些企业,员工尚未将节能理念与日常操作紧密结合,导致节能潜力未能最大化。对此,加强对操作人员的培训,不仅包括节能技术的应用,还要通过实际案例分析,让员工真正认识到节能带来的长期效益。企业可以定期组织节能技能竞赛,激励员工在实际操作中不断探索和创新。此外,节能意识的培养应融入企业文化,通过制度化、长期化的方式,逐步改变员工的工作习惯与思维方式。

5.3 数据监控与管理体制不完善

当前,不少企业能源监控系统存在缺陷,数据采集与分析的及时性、精确性有失偏颇。因缺乏完善管理体系,节能措施难以精准落实到各生产环节。解决此问题,需着重加强能源管理系统建设,引入前沿的物联网技术与大数据分析手段,实现实时监测与自动调节。通过搭建完备管理体系,将节能目标分解至每个生产环节,借助定期审核与评估,动态调整和优化节能策略,确保措施落地生效。

结语:

综上所述,在自润滑轴承零部件制造的数控节能工艺范畴,技术的不断鼎新与突破,既重塑传统制造模式,又为节能环保添砖加瓦。未来,随数控技术深入发展,更多智能、自动的节能手段将相继就位。工艺优化及设备抉择,均直接关乎生产效率与能耗状况。尽管挑战与机遇并存,然而借由合理的技术运用与战略规划,节能工艺将为行业铸就更绚烂的明天。

参考文献

- [1]魏澳博,马国政,李国禄等.自润滑关节轴承磨损寿命研究方法现状与展望[J]表面技术.2023(04):31-46.
 - [2]杨帆,窦林源.基于多轴数控加工的智能辅助工艺研究[J]现代制造技术与装备.2023(10):189-191.
 - [3]刘香港,陈辉,张静婕等.自润滑关节轴承成形技术研究进展[J]塑性工程学报.2024(02):15-23.
 - [4]王慧鹏,李鹏,江聪等.国内自润滑关节轴承试验机研制现状及展望[J]材料导报.2022(s1):415-415.
 - [5]梁继海.不规则零件的数控机床加工工艺研究[J]现代制造技术与装备.2024(07):173-175.
- 作者简介:程炯豪,1980.9.24,男,汉族,浙江省嘉兴市嘉善县,大专,研究方向:专业研发、设计、制造适合于各种工况条件下的自润滑轴承和产品。