

航空产品结构件机械加工工艺研究

王冠扬 徐士杰 王 凡 严冰玉
西安航空制动科技有限公司 陕西 咸阳 713100

摘要: 在航空制造业的进步推动下, 对于航空产品结构件的机械加工工艺提出了更高的技术要求。在研究过程中, 通过理论与实践的结合, 对提出的工艺进行了实验验证, 结果显示新工艺具有明显的优势和应用前景。

关键词: 航空产品; 机械加工; 工艺研究

1 航空产品结构件机械加工工艺概述

航空产品结构件机械加工是一种高度复杂的技术, 其目的是制造出满足航空工业严格要求的零部件。这一工艺涉及一系列的机械加工技术, 包括铣削、车削、钻孔、磨削等, 旨在确保航空结构件具有高强度、轻量化和长期耐用的特性。在航空制造业中, 机械加工工艺是实现产品设计的关键环节。它要求极高的精度和公差控制, 以适应航空产品所面临的各种极端环境和动态条件。机械加工过程的每个步骤, 从粗加工到精加工, 都必须进行精确的控制, 以确保最终产品的性能和质量。航空产品结构件机械加工工艺不仅需要先进的机床设备和工具, 还需要高素质的工艺技术人员。他们必须具备深厚的专业知识, 包括材料科学、机械设计和制造工艺等, 以便在复杂的机械加工过程中做出正确的决策。此外, 航空产品结构件机械加工工艺还需要严格的工艺控制和质量保证体系。这包括从原材料检测到成品检验的全程质量控制, 以确保每一个零部件都满足设计要求和安全标准^[1]。总的来说, 航空产品结构件机械加工工艺是一个涉及多学科、多技术和高标准的综合性过程。它在保证航空产品高性能、高安全性和长寿命方面起着至关重要的作用, 是航空制造业持续发展的重要基石。

2 航空产品机械加工工艺优化的必要性

随着科技的不断发展, 航空制造业对于产品质量和加工精度的要求也越来越高。在这样的背景下, 对航空产品机械加工工艺进行优化就显得尤为必要。首先, 机械加工工艺是航空产品质量和性能的基础保证。飞机在高速飞行时, 其零部件会受到极大的应力和温度变化, 这就要求机械加工工艺必须达到极高的精度和质量标准。通过优化机械加工工艺, 可以进一步提高航空产品的可靠性和安全性, 确保飞机在各种极端条件下都能正常运行。其次, 机械加工工艺优化对降低制造成本、提升企业竞争力具有重要意义。传统的机械加工方法往往效率低下, 且原材料浪费严重。通过引入先进的加工技

术和优化加工流程, 可以有效减少加工时间和原材料的消耗, 降低企业的制造成本, 提升整体的盈利能力。再次, 优化机械加工工艺有利于缩短研发周期和提升生产效率。通过分析现有工艺的瓶颈和不足, 针对性地进行工艺改进和流程再造, 可以大大缩短新产品的研发周期, 加快产品上市速度。同时, 优化后的工艺流程更加合理高效, 有助于提高整体的生产效率。最后, 从环境保护的角度来看, 机械加工工艺的优化也有着不可忽视的作用。传统的机械加工往往伴随着大量的废料和噪音污染。通过采用环保型的加工设备和工艺, 以及合理地处理和利用废弃物, 可以大大降低机械加工对环境的影响, 实现绿色制造的目标。

3 航空产品结构件机械加工工艺分析

3.1 材料选择与加工特性分析

在航空产品结构件机械加工中, 材料选择与加工特性分析是至关重要的环节。由于航空产品的特殊使用环境和性能要求, 材料的选择直接影响到结构件的机械性能、耐腐蚀性、热稳定性等关键特性。首先, 航空产品结构件常用的材料主要包括铝合金、钛合金、不锈钢和复合材料等。这些材料具有轻量化、高强度、耐腐蚀等优点, 能够满足航空产品在高速、高温、高应力等复杂环境下的性能要求。其次, 针对不同材料, 机械加工的难度和工艺要求也不同。例如, 铝合金的切削加工性较好, 但易产生粘刀现象; 钛合金的硬度高, 加工时需要采用硬质合金刀具, 同时要严格控制切削参数; 不锈钢的切削力大, 易产生加工硬化, 需要采用适当的冷却液来降低切削温度^[2]。复合材料的机械加工具有其特殊性。复合材料由多种材料组成, 其机械加工需要考虑材料的分层、劈裂等问题。加工过程中要特别注意控制切削深度和速度, 以避免对材料造成损伤。为了实现高效的机械加工, 对于不同的材料和加工特性, 加工参数的调整至关重要。这包括切削速度、进给速度、切削深度等参数的优化, 以达到最佳的加工效果和效率。

3.2 加工工艺参数选择与优化

在航空产品结构件的机械加工过程中,加工工艺参数的选择与优化是决定产品质量、生产效率及成本控制的关键环节。工艺参数涉及众多因素,包括切削速度、进给速度、切削深度、刀具类型和冷却方法等,这些参数的选择直接影响到切削力、切削热、刀具磨损和加工精度。首先,切削速度的优化对于提高加工效率至关重要。切削速度过慢可能导致加工效率低下,而过高则可能导致刀具磨损加剧或产生过热,影响加工质量。优化切削速度可以有效平衡加工效率和加工质量。其次,进给速度的优化也是不可忽视的一环。合适的进给速度有助于提高表面质量和减小刀具磨损。在保证加工精度的前提下,适当提高进给速度可以提高加工效率,但过快可能导致振动和热积累,影响加工稳定性。切削深度的选择对于加工过程和刀具寿命也有显著影响。较大的切削深度可能提高加工效率,但同时也加重了刀具的负荷,可能导致刀具快速磨损。合理的切削深度需要在加工效率和刀具寿命之间找到平衡。刀具类型与冷却方法的选择也是重要的工艺参数。针对不同的材料和加工需求,选用合适的刀具材料和几何形状至关重要。此外,冷却液的选择和使用对于控制切削热、防止刀具过热和延长刀具寿命具有积极作用。

3.3 工艺装备和刀具选择与应用

在航空产品结构件的机械加工过程中,工艺装备和刀具的选择与应用是至关重要的环节。它们不仅影响加工效率、产品质量和生产成本,还直接关系到航空产品的性能和安全性。针对航空产品结构件的复杂形状和高精度要求,需要选用高精度、高稳定性的机床和夹具。同时,为了确保加工过程的稳定性和可靠性,需要合理配置工艺装备,并进行精确的调整和校准。针对不同的材料和加工需求,要选用合适的刀具材料、刀具几何参数和涂层技术。例如,对于铝合金材料,可选用硬质合金刀具进行高效铣削;对于钛合金和不锈钢等难加工材料,则需选用超硬刀具或采用合理的切削参数来降低切削力。因此,在实际加工过程中,要定期检查刀具的磨损情况,及时更换磨损严重的刀具,以保证加工过程的稳定性和产品质量。为了提高加工效率和降低生产成本,还需要不断优化刀具的配置和使用策略。这包括合理选择切削用量、优化刀具路径、采用多刀加工策略等。同时,通过引入智能化和自动化的刀具管理系统,可以进一步提高刀具的使用效率和加工过程的可靠性^[1]。

4 航空产品结构件机械加工的质量控制与管理

4.1 质量检测方法与设备

在航空产品结构件的机械加工过程中,质量控制与管理是确保产品性能和安全性的重要环节。通过采用先进的质量检测方法和设备,可以实现对航空产品结构件加工质量的全面监控和管理。首先,针对航空产品结构件的高精度要求,需要采用高精度的测量设备进行质量检测。这包括各种光学测量仪器、三坐标测量机、激光干涉仪等。这些设备能够实现微米级甚至纳米级的测量精度,确保加工零件的尺寸、形状和位置精度满足设计要求。其次,表面质量检测也是质量控制中的重要环节。采用表面粗糙度仪、微观形貌仪等设备可以对航空产品结构件的表面质量进行全面检测,包括表面粗糙度、微观结构、残余应力等。通过对这些参数的检测和分析,可以评估加工过程中是否存在表面损伤、裂纹等缺陷,从而及时采取措施进行修正。除了常规的质量检测方法,无损检测技术也在航空产品结构件的质量控制中得到广泛应用。例如,超声检测、射线检测、涡流检测等技术能够实现非破坏性的缺陷检测,及时发现材料内部的裂纹、气孔等缺陷。这些无损检测方法对于保证航空产品结构件的性能和安全性具有重要意义。

4.2 质量控制体系的建立与实施

为了确保航空产品结构件机械加工的高质量,建立并实施一套完善的质量控制体系至关重要。质量控制体系不仅涵盖了从原材料到成品的整个加工过程,还涉及到人员、设备、工艺、检测等方面的综合管理。明确质量控制目标是建立质量控制体系的基础。这些目标应与航空产品的性能和安全性要求相一致,并根据企业的实际情况和客户需求进行制定。目标应具有可量化、可评估的特点,以便对质量控制的效果进行监测和改进。建立严格的质量管理制度是实施质量控制体系的关键。这包括制定工艺流程、操作规程、检验标准等,并确保相关人员严格遵守。同时,建立完善的质量记录和追溯体系,以便对加工过程中的质量问题进行追溯和分析,及时采取纠正措施。在实施质量控制体系的过程中,人员培训与技能提升也是不可忽视的环节。通过定期的培训和技能评估,可以确保操作人员具备足够的技能水平,能够按照要求进行加工和检测操作。此外,加强对新员工的培训和指导,确保他们快速融入质量控制体系并具备相应的质量意识。为了确保质量控制体系的持续有效运行,还需要定期进行内审和外审。内审是由企业内部进行的质量控制体系评估,旨在发现和纠正体系运行中的不足之处。外审则是由外部权威机构进行的审核,以确保质量控制体系符合相关标准和要求。根据审核结果,及时对质量控制体系进行调整和改进,以适应不断

变化的质量要求和技术发展。

4.3 机械加工过程中的质量监控与预警系统设计

随着航空工业的快速发展,对航空产品结构件机械加工的质量要求越来越高。为了确保加工过程中的质量稳定性和及时发现潜在问题,设计一套质量监控与预警系统显得尤为重要。该系统主要功能是对航空产品结构件机械加工过程中的各项参数进行实时监测、记录和分析。通过预设的阈值和算法,系统能够自动判断加工状态是否正常,并在发现异常时发出预警。

系统设计需考虑以下几个方面:(1)数据采集模块:该模块负责从机床、传感器等设备中获取加工过程中的各种参数,如切削力、切削温度、振动等。(2)数据处理模块:该模块负责对采集到的数据进行处理和分析,提取关键信息,如加工状态、刀具磨损等。(3)预警模块:该模块根据处理后的数据和预设的阈值,自动判断加工状态是否正常,并在发现异常时发出预警。预警可以通过声音、灯光或手机APP等方式传递给操作人员^[4]。

(4)数据库模块:该模块负责存储加工过程中的所有数据,以便后续分析和追溯。数据库应具备大容量、高可靠性和易查询等特点。(5)人机界面模块:该模块提供一个友好的界面,让操作人员可以实时查看加工状态、预警信息等,并可以进行简单的参数调整。(6)报警处理与反馈模块:在出现报警后,系统自动记录当时的参数数据并提醒相关人员进行现场确认与处理。处理完毕后,须及时对异常事件进行总结与分析,完善和优化系统的报警阈值和预警逻辑,提高预警的准确率。

4.4 质量管理的数字化和智能化技术应用

随着科技的不断发展,数字化和智能化技术在航空产品结构件机械加工的质量管理中得到广泛应用。这些技术的应用,大大提高了质量管理的效率和准确性,为确保产品质量提供了有力支持。数字化技术在质量管理中的应用主要体现在以下几个方面。首先,通过采用数字化检测设备,如三坐标测量机、激光扫描仪等,能

够实现高精度、高效率的测量和检测,确保产品质量达标。其次,利用数字化技术进行数据收集、整理和分析,可以对质量数据进行精准把握,及时发现潜在问题并进行改进。此外,数字化技术还可以用于建立虚拟仿真模型,对加工过程进行模拟和预测,有助于提前发现和解决潜在的质量问题。智能化技术在质量管理中的应用也日益广泛。一方面,通过采用智能化传感器和监控系统,可以实现对加工过程的实时监控和自动控制,提高加工过程的稳定性和一致性。另一方面,利用人工智能和机器学习技术,可以对质量数据进行深度挖掘和学习,自动识别异常模式并进行预警,提高质量管理的自动化和智能化水平。数字化和智能化技术的结合,为航空产品结构件机械加工的质量管理带来了革命性的变革。通过建立数字化的质量管理体系,可以对各种质量数据进行集成管理和分析,提高管理效率和质量水平。同时,智能化技术的应用使得质量管理体系能够自主进行学习和优化,不断完善和提高自身的质量管理能力。

结束语

航空产品结构件机械加工工艺是航空工业的核心组成部分,对于产品的性能和安全性起到至关重要的作用。未来,随着新材料、新技术的涌现,航空产品结构件机械加工工艺将面临更多的挑战和机遇。因此,我们需要保持敏锐的洞察力,紧跟技术发展潮流,以创新为驱动力,为航空工业的发展贡献更多的智慧与力量。

参考文献

- [1]金骏年,崔喆,王东晨,等.航空发动机机械加工工艺优化[J].中国新技术新产品,2018,382(24):70-71.
- [2]王俊霞,陈菁菁.航空发动机机匣构件机械加工工艺的优化[J].中国新技术新产品,2018,000(021):56-57.
- [3]王岩岩,周博.航空产品机械加工工艺优化方法探讨[J].科学技术创新,2020(16):164-165.
- [4]窦富玲.航空产品机械加工工艺优化方法探索[J].百科论坛电子杂志,2021(7):785.