

Processing and Testing Technology for Precision Mechanical Parts

Jiantao Sun

Shandong Shengyang Engineering Machinery Co., Ltd., Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract

The paper systematically explores the machining and testing technology of precision mechanical parts, elaborating on the key links of machining processes, including the use of high-precision machining equipment, the application of advanced machining methods, and the control of machining environments. At the same time, in-depth research was conducted on detection technology, covering the improvement of measurement accuracy, selection of detection equipment, and analysis of detection data. Through practical case analysis, the importance and practical application value of precision mechanical parts processing and testing technology have been demonstrated.

Keywords

precision mechanical parts; processing technology; testing technology; accuracy; quality control

精密机械零件的加工与检测技术

孙建涛

山东盛阳工程机械有限公司, 中国·山东临沂 276000

摘要

论文系统地探讨了精密机械零件的加工与检测技术, 详细阐述了加工工艺的关键环节, 包括高精度加工设备的使用、先进加工方法的应用以及加工环境的控制。同时, 论文还深入研究了检测技术, 涵盖了测量精度的提升、检测设备的选择和检测数据的分析。通过实际案例分析, 论证了精密机械零件加工与检测技术的重要性和实际应用价值。

关键词

精密机械零件; 加工技术; 检测技术; 精度; 质量控制

1 概述

1.1 精密机械零件的重要性

精密机械零件是现代工业不可或缺的重要组成部分, 其在众多领域, 如航空航天、医疗设备、汽车制造、电子设备中发挥着关键作用。精密机械零件的高精度、高质量是保证机械设备整体性能稳定和可靠运行的前提。随着科技的快速发展, 对于精密机械零件的加工要求越来越高, 加工精度的提升不仅能提高产品的性能和质量, 还能有效降低生产成本, 提高生产效率。

1.2 加工与检测技术的进展

近年来, 随着科技进步推动了精密机械零件加工与检测技术的快速发展。传统加工方法被更先进的技术替代, 如微细加工和超精密切削, 提高了加工精度和效率。同时, 计算机技术、光学技术和传感器技术的融合, 实现了从接触式

到非接触式检测的转变, 如激光扫描和计算机视觉技术, 显著提升了检测精度和效率^[1]。

在加工技术方面, 数控机床、超精密磨削和纳米压印技术的发展提高了精密机械零件的加工精度。数控机床的广泛应用增强了零件加工的自动化和智能化水平, 提高了加工效率和质量。超精密磨削技术拓展了高硬度、高脆性材料的加工范围。

在检测技术上运用激光技术和计算机视觉技术, 显著提升了精密机械零件的检测精度和效率。激光扫描技术利用激光束与被测物表面的相互作用进行高精度测量, 具备非接触、高精度、高效率等优点。计算机视觉技术通过图像处理和分析技术实现零件尺寸、形状等参数的高精度测量, 具有自动化、智能化特点。

这些加工与检测技术的进展为精密机械零件的加工提供了有力的技术支撑, 推动了精密机械制造业的快速发展。未来, 随着科技的不断进步和创新, 相信精密机械零件的加工与检测技术将会更加先进、高效、智能化。

【作者简介】孙建涛(1986-), 男, 中国山东沂南人, 本科, 工程师, 从事机械工程研究。

2 精密机械加工技术概述

2.1 微细加工技术

微细加工技术针对微米至纳米级零件，实现高精度复杂结构制造，广泛应用于微电子、生物医学和光学仪器领域。该技术包括光刻、激光、电子束和离子束加工等类型。光刻利用光敏材料和掩膜制作微小图案；激光加工则通过高能激光束实现非接触、高精、高效操作。在微电子中，该技术制造集成电路和微处理器；在生物医学中，用于制造微型医疗器械和药物载体；在光学仪器中，制造高精度元件和系统，提升性能^[2]。

2.2 超精密切削技术

超精密切削技术是利用高精度机床和刀具进行的精密切削加工方法，具有高精度、高效率、高稳定性和高可靠性等特点。它能实现微米级甚至纳米级的加工精度，广泛应用于航空航天、汽车制造和光学仪器等领域，提高了零件的尺寸精度、表面质量和生产效率。

3 高精度加工设备与工具

3.1 设备类型分析

在精密机械加工领域，高精度加工设备的选择对最终产品质量至关重要。设备类型的选择需根据零件的形状、材料、尺寸精度和表面质量要求进行综合考量。

数控机床，控制刀具轨迹，实现复杂零件精确加工，具备高自动化和灵活性，实现多轴联动，高效高精度。超精密研磨机床，针对高表面质量零件，利用特殊工具和工艺，实现纳米级粗糙度，满足特殊行业要求。激光加工设备，非接触性、高速、高精度，适用于微小结构加工，可局部改性和强化材料，提升零件性能。

3.2 关键工具探讨

高精度加工工具是实现精密机械加工的关键。工具的选择和性能直接影响到加工精度和效率。

3.2.1 刀具

刀具是切削加工的关键，影响加工精度和表面质量。选择适合材质、硬度和耐磨性的刀具，并合理设计刀具几何形状和切削参数，对保证加工精度和提高效率至关重要。

3.2.2 量具和测量设备

量具和测量设备的精度对加工结果至关重要，能够实现微米甚至纳米级的测量精度。新型测量设备如激光干涉仪、光学轮廓仪等的应用，为加工精度的提高提供了支持。

3.2.3 夹具和定位装置

夹具和定位装置用于固定和定位工件，确保加工精度。设计需考虑工件形状、尺寸和加工要求，保证刚性和精度^[3]。

4 加工过程中的误差来源

4.1 机床影响分析

在精密机械加工过程中，机床是影响加工精度的关键

因素之一。机床的精度直接决定了工件的加工精度，因此分析机床对加工误差的影响至关重要。

4.1.1 机床本身的精度

机床精度涵盖几何、运动和热稳定性。几何精度关乎部件间相对位置和尺寸，不达标会导致工件位置偏差。运动精度涉及运动轴轨迹和速度稳定性，影响加工表面质量。热稳定性指机床长时间工作时因内部热源导致的结构和热变形，影响加工精度。

4.1.2 机床的动态性能

机床的动态性能包括振动、刚性和阻尼。加工时，机床受多种力作用，如刚性和阻尼不足，会产生振动，增加加工表面粗糙度，甚至产生裂纹等缺陷。振动也影响刀具寿命和加工效率。

4.2 工具及工艺参数影响

工具及工艺参数的选择对加工精度也有着重要的影响。在精密机械加工中，工具的选择和工艺参数的设定需要非常精确，以确保加工过程的稳定性和可控性。

4.2.1 刀具的影响

刀具对精密机械加工精度有重要影响，其形状、尺寸和材质等直接影响加工精度。刀具的刃口半径、后角和前角等参数影响工件表面粗糙度和尺寸精度。刀具磨损会降低加工精度。因此，在精密机械加工中，需选择适当刀具并定期维护更换。

4.2.2 工艺参数的影响

工艺参数包括切削速度、进给速度和切削深度等，设定这些参数影响切削力和切削热，从而影响加工精度和表面质量。切削速度过快会导致切削力增大，增加表面粗糙度；过慢则导致切削热过高，引起工件热变形。因此，在精密机械加工中，需根据工件材质、刀具性能和机床特性合理设定工艺参数。

5 先进检测技术

5.1 激光扫描技术

激光扫描技术在精密机械零件检测领域发挥着日益重要的作用。这项技术以其高精度、非接触性和快速性成为许多高精度零件测量的首选工具。激光扫描技术基于激光测距原理，通过测量激光束从发射器到目标表面再反射回接收器的时间差，来精确计算目标表面的三维坐标。

5.1.1 激光扫描技术的原理

激光扫描技术基于激光测距系统，包括激光器、扫描器和接收器。激光束快速扫描目标表面，接收器记录反射信号，经计算机处理生成三维点云数据。

5.1.2 激光扫描技术的优势

激光扫描技术具备高精度、非接触性、快速性和高适应性等优势，适用于精密机械零件的检测，能提高检测效率，适用于各种形状和材质的零件。

5.1.3 激光扫描技术的应用实例

激光扫描技术在精密机械零件加工中用于尺寸检测、表面粗糙度测量和形状误差分析。它能快速获取零件的三维尺寸数据，评估加工精度；高分辨率捕捉表面微观形貌，支持质量控制；获取实际形状数据，与设计模型对比，找出误差来源。

5.2 计算机视觉应用

计算机视觉技术在精密机械零件检测领域同样具有广泛的应用前景。它结合了图像处理、模式识别和人工智能等技术，通过对图像信息的提取和分析来实现对零件质量的自动检测。

5.2.1 计算机视觉技术的原理

计算机视觉技术基于图像处理和分析算法，经预处理、特征提取和模式识别，实现零件质量自动检测。预处理去噪、增强图像，提高处理准确性；特征提取识别关键特征；模式识别则分类或识别零件。

5.2.2 计算机视觉技术的优势

计算机视觉技术具有自动化、高效率和高精度的优势，可灵活适应不同零件检测需求，并随着 AI 技术的发展，其精度和稳定性持续提升。

5.2.3 计算机视觉技术的应用实例

在精密机械零件加工中，计算机视觉技术用于表面缺陷检测、尺寸测量和装配质量检测。通过图像处理和分析，检测划痕、凹陷等表面缺陷，精确测量尺寸参数，并监控装配过程确保正确性和质量。

6 质量控制与反馈机制

6.1 加工过程质量控制

在精密机械加工过程中，质量控制是一个至关重要的环节。为了确保产品质量，需要从多个方面对加工过程进行严格监控。首先，要确保加工设备的精度和稳定性。高精度设备是实现精密加工的前提，而设备的稳定性则决定了加工过程的一致性和可靠性。因此，需要定期对设备进行维护和校准，确保其始终处于最佳工作状态。

优化工艺参数是提高加工精度和效率的关键。通过实验和研究确定最佳工艺参数组合，降低废品率。环境因素如温度、湿度和振动对加工精度有影响，因此需要建立环境控制标准。在质量控制中，引入先进检测技术，实时监控和检测关键质量特性，确保产品质量。

6.2 检测结果反馈改进

在精密机械加工过程中，检测结果对于改进加工工艺和提高产品质量具有重要意义。通过对加工零件的检测结果进行反馈分析，可以及时发现并修正加工过程中存在的问题，从而提升加工精度和效率。

建立检测结果反馈机制，对比预设标准分析检测结果，对不合格品进行问题排查。根据检测结果调整工艺，优化影

响精度的因素如机床精度、刀具磨损等。加强与其他部门沟通协作，共同分析原因并制定改进措施。持续引入新的检测技术和方法，提高检测精度和效率，推动加工过程改进。

7 案例研究与应用展望

7.1 实际案例分析

7.1.1 航空航天领域的应用案例

在航空航天领域，精密机械零件的加工与检测技术直接关联到飞行器的性能与安全。以飞机发动机的涡轮叶片为例，这些叶片需在高温、高速旋转的环境下工作，因此对材料的均匀性、表面的光洁度以及尺寸的精度要求极高。采用先进的精密加工技术，如超精密切削和微细加工，能够确保叶片的形状和尺寸满足设计要求。同时，利用激光扫描和计算机视觉等检测技术，可以非接触、高精度地检测叶片的表面形貌和尺寸误差，从而确保发动机的性能和可靠性。

7.1.2 医疗器械领域的应用案例

在医疗器械领域，精密机械零件的加工与检测对于提高医疗设备的精度和患者的治疗效果至关重要。以人工关节为例，关节表面的光洁度和尺寸精度直接影响到患者的舒适度和使用寿命。通过应用精密机械加工技术，如超精细研磨和抛光，可以确保关节表面的光洁度和平滑度。同时，采用三维扫描和图像处理技术，可以对关节的尺寸和形状进行精确测量和检测，从而确保手术效果和患者的满意度。

7.2 未来发展趋势预测

随着科技的不断进步，未来的精密机械零件加工与检测技术将更加注重技术的融合与创新。一方面，传统的加工与检测技术将不断优化和完善，提高加工精度和检测效率；另一方面，新兴技术如人工智能、机器学习和大数据分析等将与精密机械加工与检测技术相结合，推动加工过程的智能化和自动化。在未来的发展中，绿色可持续发展将成为精密机械零件加工与检测技术的重要方向。通过优化加工工艺和减少能源消耗，降低加工过程中的废弃物产生和环境污染。同时，开发和应用环保型加工液和检测设备，减少对环境和人体的危害。随着产业的不断升级和转型，精密机械零件加工与检测技术将更加注重跨界合作与协同发展。通过与其他领域的合作与交流，引进先进的技术和理念，推动精密机械加工与检测技术的创新和发展。同时，加强产学研合作和人才培养，为精密机械零件加工与检测技术的发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 杨建武.精密机械零件加工技术的现状与发展趋势[J].制造技术与机床,2023(2):1-6.
- [2] 马跃,曲淑娜,周源.精密机械零件检测技术研究[J].组合机床与自动化加工技术,2022(10):127-130.
- [3] 初少刚.数控技术在精密机械零件加工中的应用[J].机电工程技术,2023(1):165-167.