

航空发动机机械加工工艺优化

李泰岳 刘 丹 姬 蒙 田佳禾

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

摘 要: 航空发动机作为飞机的核心部件,其制造质量和性能直接影响飞机的整体性能和使用寿命。当前,航空发动机机械加工工艺面临诸多挑战,如材料特性与工艺匹配性差、设备与技术落后、能源消耗大及环保问题突出等。为应对这些挑战,提出引入先进加工技术与设备,提升加工精度和效率,优化材料与工艺匹配,确保材料性能与加工效果的最佳匹配,实施智能化与自动化改造,实现加工过程的自动化控制和智能化监测,注重绿色加工与节能减排,减少能源消耗和环境污染等优化策略,可显著提升航空发动机机械加工的质量和效率,推动航空工业的可持续发展。

关键词: 航空发动机;机械加工;工艺优化

引言: 随着航空技术的不断进步和市场竞争的加剧,对航空发动机机械加工工艺的要求也越来越高。这也使我国航空发动机领域的设计变得更复杂,与此同时,现在的机械零部件加工技术和工艺却不能很好地适应航空发动机的设计要求。所以,要重视和加强航空发动机机械加工工艺的优化工作,既要学习和借鉴机械加工新工艺,更要确保每一个加工零件的完好精细,以保证航空发动机的质量。

1 航空发动机机械加工的重要性

航空发动机其性能和质量直接关系到飞机的飞行能力、安全性和经济性。而航空发动机机械加工则是确保发动机性能和质量的关键环节,具有至关重要的地位。第一,航空发动机机械加工的高精度是确保发动机性能稳定、可靠的基础。在航空发动机中,各零部件之间的配合间隙、表面粗糙度等参数均需严格控制在极小的范围内。这些参数的微小变化都可能对发动机的运行效率和稳定性产生重大影响。因此,通过高精度的机械加工,可以确保发动机各零部件之间的精确配合,从而使其在运行过程中达到最佳状态,提高发动机的性能和可靠性。第二,航空发动机机械加工对发动机的使用寿命具有重要影响。由于航空发动机的工作环境极其恶劣,各零部件需承受高温、高压、高速旋转等极端条件的考验。因此,在机械加工过程中,必须严格控制加工质量,确保各零部件的尺寸精度、形状精度和表面质量满足设计要求。这样不仅可以减少零部件在使用过程中的磨损和变形,还可以延长发动机的使用寿命,降低维修成本^[1]。第三,航空发动机机械加工还对发动机的制造成本具有重要影响。通过优化机械加工工艺和采用先进的加工设备,可以大幅提高加工效率和材料利用率,从而降低发动机的制造成本。这对于提高我国航空工业的竞

争力、推动航空工业的发展具有重要意义。在航空发动机制造过程中,必须高度重视机械加工环节,不断提高机械加工技术水平,为航空工业的发展提供坚实的技术支撑。

2 航空发动机机械加工工艺现状分析

2.1 工艺复杂性高,加工难度大

一是航空发动机的结构设计本身就非常复杂,它包含了众多精密的零部件,这些零部件不仅形状各异,而且相互之间的配合精度要求极高。在机械加工过程中,需要确保每一个零部件都能精确地达到设计要求,这对于加工技术和设备都提出了极高的挑战。二是航空发动机的工作条件极为恶劣,它需要承受高温、高压、高速旋转等极端环境的考验。三是航空发动机所使用的材料也往往具有较高的硬度和韧性,这使得加工过程更加困难。传统的机械加工方法往往难以满足这些材料的高精度和高表面质量要求。

2.2 材料特性与工艺匹配性差

航空发动机所使用的材料,如高温合金、钛合金等,具有高强度、高硬度、高韧性以及优异的抗腐蚀性和耐热性,这些特性使得它们在极端的工作环境下能够保持稳定的性能。这些高性能材料也给机械加工带来了极大的挑战。由于这些材料的硬度高、韧性大,传统的机械加工方法往往难以达到理想的加工效果。在加工过程中,刀具磨损严重,加工效率低下,同时容易产生加工变形和表面缺陷,从而影响零部件的精度和性能。不同的材料对加工参数的要求也存在较大的差异。例如,高温合金在加工过程中需要采取特殊的冷却措施以防止刀具过热和工件变形;而钛合金则容易产生粘刀现象,需要选择合适的刀具材料和切削参数来避免。

2.3 设备与技术落后,难以满足需求

在航空发动机机械加工工艺领域,设备与技术的落后是当前面临的一个严峻问题。随着航空发动机性能要求的不断提升,对机械加工设备和技术的要求也越来越高。然而,现实情况是,许多加工设备和技术的水平仍然停留在较为落后的水平,难以满足当前和未来航空发动机制造的需求。一方面,现有的机械加工设备在精度、效率、稳定性等方面存在明显的不足。这些设备在处理高性能材料时,往往难以达到理想的加工效果,导致零部件的质量不稳定,加工效率低下^[2]。另一方面,随着科技的不断发展,新的加工技术和方法不断涌现,如激光加工、超声波加工、增材制造等。然而,这些新技术在航空发动机机械加工领域的应用仍然有限,许多企业仍然依赖传统的加工方法,导致加工效率低下,成本高昂。

2.4 能源消耗大,环保问题突出

航空发动机机械加工是一个高能耗的过程,涉及到大量的切削、磨削、热处理等工序,这些工序都需要消耗大量的电能、燃油等能源。同时,加工过程中还会产生大量的切削液、废屑、废水等污染物,对环境造成严重的污染。另外,能源消耗大不仅增加了生产成本,还加剧了资源短缺的问题。随着全球能源危机的日益严重,如何降低能源消耗,提高能源利用效率,已经成为航空工业可持续发展的关键。而环保问题更是不容忽视。切削液、废屑等污染物的排放不仅会对环境造成污染,还会对工人的健康产生危害。

3 航空发动机机械加工工艺优化策略

3.1 引入先进加工技术与设备

在航空发动机机械加工领域,引入先进加工技术与设备有助于满足航空发动机对高性能、高精度零部件的需求,还能推动整个航空工业的技术创新和产业升级。

(1) 先进加工技术的引入能够显著提升加工精度和效率。例如,五轴联动加工技术通过五个轴的同时运动,可以实现复杂形状零部件的一次成型,大大提高了加工精度和效率,激光加工、超声波加工等新型加工技术,能够针对高性能材料进行高效、精准的加工,减少了传统加工方法中的刀具磨损和加工变形问题。(2) 先进加工设备的引入也是提升加工质量的重要手段。高精度数控机床、激光切割机、超声波加工机等先进设备,具有高精度、高效率、高稳定性的特点,能够确保加工过程中的稳定性和精度。这些设备的应用,不仅提高了加工效率,还降低了废品率和生产成本。(3) 先进加工技术与设备的引入还有助于解决环保问题。传统加工方法中,切削液、废屑等污染物的排放对环境造成了严重污染。而先进加工技术和设备,如干式切削、低温切削

等,能够减少切削液的使用,降低环境污染。

3.2 优化材料与工艺匹配

在航空发动机机械加工领域,优化材料与工艺匹配通过深入了解材料的物理、化学特性,以及加工过程中的变形规律,从而选择最合适的加工工艺,实现材料性能与加工效果的最佳匹配。(1) 优化材料与工艺匹配需要深入研究航空发动机常用材料的特性。航空发动机所使用的材料,如高温合金、钛合金等,具有高强度、高硬度、高韧性等特性,但同时也存在加工难度大、易变形等问题,在选择加工工艺时,必须充分考虑材料的这些特性,避免加工过程中出现裂纹、变形等缺陷。(2) 优化材料与工艺匹配还需要考虑加工过程中的变形规律。在机械加工过程中,材料会受到切削力、热应力等多种因素的影响,从而产生变形。为了控制这种变形,需要选择合适的切削参数、刀具材料和切削方式,以减小切削力和热应力对材料的影响,还可以通过预热、冷却等辅助手段,进一步控制材料的变形。

3.3 智能化与自动化改造

在航空发动机机械加工领域,智能化与自动化改造通过引入先进的智能化和自动化技术,实现加工过程的自动化控制、智能化监测和数据分析,从而优化整个加工流程。智能化与自动化改造的核心在于实现加工过程的自动化控制。通过引入先进的数控系统、机器人技术和自动化生产线,可以实现加工过程的自动化运行,减少人工干预,提高生产效率。同时,这些技术还能够实现加工参数的精确控制,保证加工精度和产品质量。除了自动化控制,智能化监测也是智能化与自动化改造的重要组成部分。通过安装传感器和监测设备,可以实时监测加工过程中的各项参数和指标,如切削力、温度、振动等^[3]。这些数据可以为后续的数据分析和工艺优化提供重要依据。另外,数据分析是智能化与自动化改造的又一关键环节。通过对加工过程中收集到的数据进行分析 and 处理,可以深入了解加工过程中的规律和特点,发现潜在的问题和改进点。这些数据还可以用于优化切削参数、刀具路径和加工策略,进一步提升加工效率和产品质量。

3.4 绿色加工与节能减排

在航空发动机机械加工领域,绿色加工与节能减排已成为不可忽视的重要策略。这一策略旨在通过优化加工过程,减少能源消耗和环境污染,实现可持续的工业发展。绿色加工的核心在于优化加工参数和工艺,以减少切削液的使用、降低切削力和切削温度,从而减少能源消耗和废弃物排放。例如,采用干式切削或微量润滑

切削技术,可以大幅度减少切削液的使用,降低废水处理成本,同时减少对环境的影响,通过优化切削参数,如切削速度、进给量和切削深度,可以降低切削力和切削温度,从而减少能耗和切削热,提高加工效率和产品质量。节能减排方面,航空发动机机械加工企业可以通过改进设备、优化工艺和加强管理等多种途径来实现。例如,采用高效节能的切削机床和辅助设备,如变频器、节能灯具等,可以降低能耗,减少碳排放。同时,通过优化加工流程,减少加工过程中的等待时间和无效能耗,也可以提高能源利用效率,加强废弃物管理和资源回收利用,如切削液的循环使用和废屑的回收利用,也可以减少环境污染和资源浪费^[4]。除了技术和设备方面的改进,航空发动机机械加工企业还可以通过提高员工环保意识和加强环保培训来推动绿色加工与节能减排的实施。员工是企业实现绿色发展的重要力量,只有提高员工的环保意识,才能确保绿色加工和节能减排措施得到有效执行。

3.5 加强质量管理与检测

为了全面提升航空发动机零部件的加工品质,必须建立一套完善的质量管理体系,该体系应涵盖从原材料采购到成品出厂的每一个环节。在加工过程中,应对每一道工序进行实时监控,采用先进的检测技术和设备,如高精度测量仪、无损检测技术等,对零部件的尺寸、形状、表面质量等进行全面检测。这样不仅可以及时发现和纠正加工过程中的偏差,还能有效预防潜在的质量问题。通过模拟实际工作环境,对航空发动机零部件进行性能测试和耐久性试验,确保其在实际使用中能够满足设计要求,并具备足够的可靠性和安全性。同时,质量管理体系的完善还离不开对员工的培训和技能提升^[5]。应定期组织员工参加质量管理、检测技术等方面的培

训,提高员工的质量意识和专业技能,确保他们能够严格按照质量管理体系的要求进行操作和检测。最后,质量管理体系应建立有效的反馈机制,及时收集和分析客户反馈的质量问题,对产品进行持续改进和优化。通过不断优化质量管理体系,企业可以不断提升航空发动机零部件的加工质量,为客户提供更加可靠、安全的产品。

结语

总之,航空发动机机械加工工艺的优化对于提升航空发动机的制造质量和性能具有重要意义。通过引入先进加工技术与设备、优化材料与工艺匹配、实施智能化与自动化改造以及注重绿色加工与节能减排等策略,可以有效解决当前航空发动机机械加工过程中存在的问题,提升加工精度和效率,降低能源消耗和环境污染。未来,随着科技的不断进步和航空工业的持续发展,航空发动机机械加工工艺的优化将更加注重技术创新和可持续发展,为航空工业的高质量发展提供有力支撑。我们期待在各方共同努力下,推动航空发动机机械加工工艺不断优化升级,为航空工业的繁荣发展贡献力量。

参考文献

- [1]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.
- [2]耿伟.航空发动机机械加工工艺优化分析[J].时代农机,2019,46(10):51-52.
- [3]孙巍,李澄,龚天才,等.探讨航空发动机机械加工工艺规程[J].世界有色金属,2019,517(01):258+260.
- [4]修娟.航空发动机叶片加工变形分析与控制措施[J].中国新技术新产品,2020(17):60-61.
- [5]安丽莎,韩永武,邓连兴.航空发动机薄壁环形零部件加工变形控制[J].中国新技术新产品,2020(06):47-48.