

Research on the Application of Precision Injection Molding Technology in the Manufacture of Plastic Gear and Gear Box

Ruidong Zhang Xiaoguang Cheng Huifang Liu Wenyong Xiong

Shenzhen Hetong Precision Mold Injection Molding Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the continuous progress of industrial manufacturing, the application of precision injection molding technology in plastic gear, gear box and other manufacturing fields has been widely concerned. This paper mainly discusses the technical research and application of the key process parameters, material selection, molding process and process control in the plastic gear and gearbox manufacturing. By comparing different injection molding processes and methods, we found that the precision injection molding technology can improve the manufacturing quality and efficiency of plastic gears and gear boxes, and reduce the production cost.

Keywords

precision injection molding technology; plastic gear; gear box; process parameters; molding process

精密注塑技术在塑胶齿轮、齿轮箱等制造中的应用研究

张瑞东 程晓光 刘惠芳 熊文勇

深圳市合通精密模具注塑有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

随着工业制造的不断进步,精密注塑技术在塑胶齿轮、齿轮箱等制造领域中的应用得到了广泛关注。论文主要探讨了精密注塑技术在塑胶齿轮和齿轮箱制造中的关键工艺参数、材料选择、成型工艺、制程控制等方面的技术研究和应用。通过对比不同的注塑工艺和方法,我们发现精密注塑技术能够提高塑胶齿轮和齿轮箱的制造质量和效率,降低生产成本。

关键词

精密注塑技术; 塑胶齿轮; 齿轮箱; 工艺参数; 成型工艺

1 引言

随着科技和工业的飞速发展,塑料制品在日常生活和工业制造中的应用越来越广泛。尤其是在齿轮和齿轮箱制造领域,塑胶齿轮具有重量轻、抗磨损、噪声低、自润滑等优点,已逐渐成为金属齿轮的理想替代品。为了满足各种工程领域对高精度齿轮和齿轮箱的需求,采用精密注塑技术进行塑胶齿轮和齿轮箱的生产已成为制造业的重要趋势。

论文结合了深圳市合通精密模具注塑有限公司运用精密注塑技术在塑胶齿轮和齿轮箱制造中的应用经验,旨在探讨精密注塑技术在塑胶齿轮和齿轮箱制造中的关键工艺参数、材料选择、成型工艺、制程控制等方面的技术研究和应用。通过对比不同的注塑工艺和方法,分析其对塑胶齿轮和齿轮箱制造质量、效率及生产成本的影响。最后,提出了在实际生产中应用精密注塑技术的优化策略,以期在塑胶齿轮、齿轮箱制造提供有益的参考,推动该领域的技术发展和

应用。

2 精密注塑技术及其在塑胶齿轮、齿轮箱制造中的应用

2.1 精密注塑技术概述

精密注塑技术是一种高精度塑料制品的制造工艺,其主要特点是对产品的尺寸精度、表面质量、成型周期等方面有较高要求。该技术采用先进的注塑机、模具、控制系统以及优化的工艺参数,实现对熔融塑料的精确控制,从而提高成型质量和生产效率。在塑胶齿轮和齿轮箱制造中,精密注塑技术具有显著的优势,可以满足各种工程领域对高精度、高性能齿轮和齿轮箱的需求^[1]。

2.2 塑胶齿轮、齿轮箱制造工艺

塑胶齿轮和齿轮箱的制造工艺主要包括材料预处理、熔融塑料的输送和测量、填充和包压、冷却和成型以及后处理等环节。首先,选择合适的塑料材料进行干燥和预热处理,以保证其在注塑过程中具有良好的流动性和成型性能。其次,通过螺杆将熔融塑料输送至测量室(计量室),并对其压力、流速等参数进行精确控制。然后,将熔融塑料快速填

【作者简介】张瑞东(1973-),男,中国广东东莞人,硕士,从事齿轮箱应用研究。

充至模具腔内，并采用包压技术确保塑料充分填充，缩短成型周期。在冷却过程中，通过控制模具温度和冷却时间，使塑胶齿轮和齿轮箱达到所需的尺寸精度和力学性能。最后，将成型件从模具中取出，进行必要的后处理工序，如去毛刺、喷漆、组装等^[2]。

2.3 精密注塑技术的优势

相较于传统的注塑工艺，精密注塑技术在塑胶齿轮和齿轮箱制造中具有以下优势：

①高尺寸精度：精密注塑技术采用先进的控制系统和优化的工艺参数，实现对熔融塑胶的精确控制，使成型件的尺寸精度得到显著提高。这对于齿轮和齿轮箱这类对精度要求较高的零件尤为重要，以确保其在实际应用中的性能和寿命。

②良好的表面质量：精密注塑技术可以有效减少表面缺陷，如熔接线、气泡、翘曲等，使塑胶齿轮和齿轮箱具有光洁度高、表面质量好的特点。这不仅有利于提高产品的外观和质感，还可以降低噪音、减少磨损，提高产品的使用寿命。

③节能环保：精密注塑技术采用高效的能源利用方式，如同伺服马达驱动、热回收系统等，有效降低能耗，减少排放，实现绿色生产。此外，塑胶齿轮和齿轮箱相较于金属齿轮具有更好的环保性能，有助于推动可持续发展。

④降低生产成本：通过优化工艺参数和提高成型质量，精密注塑技术可以降低生产过程中的废品率，提高生产效率，从而有效降低生产成本。同时，塑胶齿轮和齿轮箱的制造成本相对于金属齿轮也具有较大优势，有利于企业降低成本，提高市场竞争力^[3]。

3 工艺参数与材料选择

3.1 关键工艺参数

在精密注塑过程中，有若干关键工艺参数需要控制和优化，以确保塑胶齿轮和齿轮箱的成型质量和性能。主要的工艺参数包括：

①注射压力：注射压力影响塑料在模具中的充填速度和流动性，过高的压力可能导致过度填充、内应力增加和成型件变形，过低的压力则可能导致填充不足和短射现象。需要根据塑料材料的特性、齿轮和齿轮箱的结构和尺寸来合理设置注射压力。

②注射速度：注射速度影响塑料的流动性和填充效果，过快的速度可能导致熔体剪切变形、熔接线等问题，过慢的速度则可能影响成型周期和生产效率。合理的注射速度应根据材料特性和模具设计进行选择。

③模具温度：模具温度对塑胶齿轮和齿轮箱的成型效果、尺寸精度和力学性能具有重要影响。过高的模具温度可能导致塑胶过度流动和成型件变形，过低的温度则可能导致填充不足、内应力增加等问题。需要根据塑料材料的熔点、结晶温度和齿轮、齿轮箱的结构特点来设定合适的模具

温度。

④冷却时间：冷却时间影响塑胶齿轮和齿轮箱的成型效果和生产效率。过长的冷却时间会导致生产效率降低，过短的冷却时间则可能导致成型件内应力增加、尺寸不稳定等问题。冷却时间的设定需要综合考虑材料特性、模具温度和成型件的结构特点^[4]。

3.2 材料选择及其影响

塑胶齿轮和齿轮箱的性能和质量在很大程度上取决于所选用的塑胶材料。因此，在选择塑胶材料时，需要考虑以下因素：

①力学性能：塑胶齿轮和齿轮箱需要承受一定的载荷和应力，因此所选材料应具有足够的强度、刚性和韧性。常用的高性能工程塑胶包括聚酰胺（PA）、聚甲醛（POM）、聚苯硫醚（PPS）、聚酯（PBT、PET）也有其他塑料，聚丙烯（PP）、ABS等。

②磨损性能：塑胶齿轮在运行过程中需要具备良好的抗磨损性能。选择具有自润滑性能和较低摩擦系数的材料有助于提高齿轮的使用寿命。例如，添加石墨、碳纤维或其他填料的改性塑胶可以显著提高磨损性能。

③耐热性：塑胶齿轮和齿轮箱在高温环境下可能出现软化、变形等问题。因此，需要选择具有较高熔点和热稳定性的材料，以确保齿轮和齿轮箱在高温条件下的可靠性。

④耐化学性：塑胶齿轮和齿轮箱在实际应用中可能接触到润滑油、清洗剂等化学物质。选用具有良好耐化学性能的材料可以避免因化学物质侵蚀导致的性能下降和损坏。

⑤加工性能：选择具有良好流动性和成型性能的材料有助于提高注塑过程的生产效率和成型质量。此外，考虑到塑料收缩率的差异，需要在模具设计和工艺参数设置时充分考虑材料的收缩特性^[5]。

4 成型工艺与制程控制

4.1 成型工艺类型及特点

塑胶齿轮和齿轮箱的成型工艺主要包括以下几种：

①传统注塑成型：传统注塑成型是最常用的塑料成型工艺，适用于各种类型的塑胶齿轮和齿轮箱。该工艺的主要优点是生产效率高、成本相对较低，但对于高精度、高性能的产品，可能存在尺寸精度和表面质量不足的问题。

②精密注塑成型：精密注塑成型是一种高精度、高质量的成型工艺，适用于对尺寸精度、表面质量和性能要求较高的塑胶齿轮和齿轮箱。该工艺采用先进的注塑机、模具、控制系统以及优化的工艺参数，实现对熔融塑胶的精确控制，提高成型质量和生产效率。

③微注塑成型：微注塑成型是一种用于生产微型、微米级塑料齿轮和齿轮箱的成型工艺。该工艺具有尺寸精度高、表面质量好的特点，适用于微型齿轮和微型齿轮箱的生产。但由于微注塑成型的生产效率较低，成本相对较高，因此在大规模生产中的应用受到一定限制。

4.2 制程控制方法及应用

为了实现高质量、高效率的塑胶齿轮和齿轮箱生产，需要采用有效的制程控制方法进行生产过程的监控和调整。主要的制程控制方法包括：

①实时监控：通过安装传感器和数据采集系统，实时监测注射过程中的关键参数，如注射压力、注射速度、模具温度等，以便及时发现异常情况，采取相应措施进行调整。

②过程控制：根据实时监控数据，采用先进的控制算法和系统，对注射过程中的关键参数进行实时调整，以确保成型质量和生产效率。例如，采用闭环控制系统可以对注射压力、速度等参数进行精确控制，降低因参数波动导致的质量问题。

③质量检测：在生产过程中，定期对成型件进行质量检测，包括尺寸精度、表面质量、力学性能等方面的检查，以评估生产过程的稳定性和成型质量。如发现质量问题，可立即进行原因分析，调整工艺参数或设备设置，以确保生产质量。

④数据分析与优化：通过收集和分析生产过程中的各项数据，可对工艺参数、设备性能、原材料等因素的影响进行深入了解，从而为工艺优化和制程控制提供依据。例如，通过对注射过程中压力、速度等参数的分析，可以找出影响成型质量的关键因素，进而优化工艺参数，提高生产效率和产品质量。

5 优化策略及实际应用

5.1 优化策略

为了实现塑胶齿轮和齿轮箱的高质量、高效率生产，可以从以下几个方面进行优化：

①模具设计优化：模具是注塑成型过程中的关键要素，其设计质量直接影响成型件的质量和性能。优化模具设计可包括改善浇口设计、优化冷却系统、提高模具材料的性能等方面，以实现更高的成型精度和生产效率。

②工艺参数优化：合理设置工艺参数有助于提高成型质量和生产效率。通过对注射压力、速度、模具温度等关键参数进行优化调整，可以降低内应力、缩短成型周期、提高成型件的尺寸精度和力学性能。

③材料选择优化：选择适合齿轮和齿轮箱应用的高性能塑胶材料，可提高成型件的性能和使用寿命。例如，选择具有良好耐磨性、耐热性和加工性能的材料，可以降低成型过程中的不良品率，提高生产效率。

④制程控制优化：实施有效的制程控制策略，如实时监控、过程控制、质量检测和数据分析等，有助于确保生产过程的稳定性和成型质量，进而提高生产效率。

5.2 实际应用案例

以下是一些优化策略在实际生产中的应用案例：

案例 1：某公司生产的塑胶齿轮在使用过程中出现磨损

过快的问题。经过分析，发现原材料的耐磨性能不足是导致问题的主要原因。为解决这个问题，公司采用改性聚酰胺（PA）材料，并添加石墨、碳纤维等填料，提高齿轮的耐磨性能。结果表明，优化后的齿轮使用寿命显著提高，客户满意度得到提升。

案例 2：某公司生产的塑胶齿轮箱在高温环境下出现变形问题。经过研究，发现模具冷却系统设计不合理是导致问题的关键因素。为解决这个问题，公司对模具冷却系统进行优化，包括增加冷却水道、提高冷却水流速等措施，以更好地控制模具温度。经过优化后，塑料齿轮箱在高温环境下的稳定性得到显著提升。

案例 3：某公司生产的微型塑料齿轮在注塑成型过程中出现尺寸精度不足的问题。为提高尺寸精度，公司采用微注塑成型工艺，并对注射压力、速度等关键参数进行优化。同时，通过实时监控注射过程中的压力、速度等参数，并采用闭环控制系统进行精确控制。经过优化后，微型塑料齿轮的尺寸精度得到显著提高，满足了客户的需求。

案例 4：某公司在生产塑胶齿轮过程中，发现成型周期较长，生产效率低。为提高生产效率，公司对工艺参数进行优化，包括降低注射压力、提高注射速度、缩短冷却时间等。同时，对模具设计进行优化，包括改善浇口设计、提高模具材料的导热性能等。经过优化后，成型周期显著缩短，生产效率得到提高。

6 结语

随着塑胶齿轮和齿轮箱在各行业应用的广泛推广，提高其质量、性能和生产效率成为行业关注的焦点。论文通过对精密注塑技术及其在塑料齿轮、齿轮箱制造中的应用、工艺参数与材料选择、成型工艺与制程控制以及优化策略及实际应用进行深入研究，为塑料齿轮和齿轮箱制造领域提供了一系列有效的技术支持和优化建议。

未来，随着塑料齿轮和齿轮箱制造技术的不断发展和市场需求的日益提高，有必要进一步研究和探讨新的成型工艺、材料、制程控制方法以及优化策略，为实现高质量、高性能、高效率的塑料齿轮和齿轮箱生产提供更强大的技术支持，推动塑胶齿轮和齿轮箱制造行业的持续发展和创新。

参考文献

- [1] 王攀.精密注塑成型技术探究[J].机电信息,2013,378(24):106-107.
- [2] 牛森,赵东波,梁宝山.HXD2F型电力机车齿轮箱制造工艺[J].机车车辆工艺,2021,351(5):14-17.
- [3] 李雪梅,许忠斌,谭震彪.塑料精密注射成型机械及其发展新动向[J].合成材料老化与应用,2004(2):44-48.
- [4] 兰喜瑞.成像光学塑料透镜的精密注塑成型技术研究[D].长春:长春理工大学,2019.
- [5] 杨娇萍,谭浩,靖康,等.不同类型材料对发射箱体成型工艺过程及刚强度的影响[J].航天制造技术,2015,191(3):12-15.