

Research on Mold Optimization Design and Process in Plastic Injection Molding

Xinyuan Xiong Hanyue Liu Ping Zhou Jinlin Li Hanhui Liu

Shenzhen Yifeng Motor Parts Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

This paper for the precision plastic injection molding process, mold optimization design, manufacturing process, product quality and other aspects of research. This paper mainly discusses the key factors in the mold design, such as material, geometry, cooling system and nozzle design, and analyzes how to optimize the mold design to improve the efficiency and accuracy of the injection molding process. Through a series of experiments and simulations, we investigated the impact of different mold designs and processes on product quality. At the same time, we provide some feasible improvement suggestions and directions for the mold optimization design and process of plastic injection molding parts.

Keywords

precision plastic injection molding; mold optimization design; cooling system; nozzle design; process research

塑胶注塑成型中的模具优化设计及工艺研究

熊新元 刘汉岳 周平 李金林 刘汉晖

深圳市艺峰马达配件有限公司, 中国·广东·深圳 518000

摘要

论文针对精密塑胶注塑成型过程, 进行模具的优化设计、制造过程、产品质量等方面研究。论文主要探讨了模具设计中的关键因素, 如材质、几何形状、冷却系统和喷嘴设计, 分析了优化模具设计如何提高注塑过程的效率和精度。通过一系列实验和模拟, 我们研究了不同模具设计和工艺对产品质量的影响。同时, 我们为塑胶注塑部件的模具优化设计和工艺提供了一些可行的改进建议和方向。

关键词

精密塑胶注塑; 模具优化设计; 冷却系统; 喷嘴设计; 工艺研究

1 引言

塑胶注塑成型技术是现代制造业中的重要环节, 广泛应用于汽车、电子、家电、医疗等多个领域。这项技术的基本原理是将塑胶料在高压和高温下注入预制的模具中, 通过冷却和固化得到所需的产品^[1]。模具设计的优劣直接影响注塑过程的效率、精度和产品质量。在模具设计中, 材料选择、几何形状设计、冷却系统设计和喷嘴设计等因素都会影响注塑过程。如何优化这些因素以提高效率和质量, 是本文的研究重点。

论文结合深圳市艺峰马达配件有限公司在精密部件制造领域的研发经验, 通过深入分析模具设计的关键要素, 研究其对注塑成型的影响, 并通过实验和模拟研究, 我们将寻找更优的模具设计和工艺, 以提高精密塑胶注塑成型的产品质量和制造效率。

【作者简介】熊新元(1973-), 男, 中国江西赣州人, 总工程师, 从事无刷电机、伺服电机研究。

2 注塑模具设计关键因素分析

2.1 材料选择

由于注塑成型过程中, 模具需要承受塑胶料的反复注入和产品的脱模, 因此模具的耐磨性直接影响模具的使用寿命和产品质量^[2]。在注塑成型过程中, 模具需要承受高温的塑胶料, 通过热导性将热量传导到冷却系统, 以实现快速冷却和固化。模具材料的热导性差, 将影响冷却速度, 从而影响产品的表面质量和成型周期。

在实际应用中, 常用的模具材料包括各种合金钢、硬质合金、陶瓷材料等。选择合适的模具材料, 不仅可以提高注塑成型的效率和产品质量, 还可以降低模具的使用和维护成本。

2.2 几何形状设计

模具的几何形状设计是决定产品形状和尺寸的关键因素, 同时也直接影响到注塑成型的效率和产品质量。模具的几何形状设计需要考虑产品的使用功能、制造工艺、材料特性以及注塑机的性能等多个因素^[3]。

产品的使用功能决定了产品的基本形状和尺寸, 而材

料特性则影响到模具的结构和尺寸。

注塑机的压力、速度和温度等参数会影响到模具的设计。设计过程中需要确保模具能在注塑机的工作条件下稳定工作，并能满足生产效率和产品质量的要求。

2.3 冷却系统设计

在塑胶注塑过程中，冷却系统设计的优劣对成型周期、产品质量和生产效率有显著影响^[4]。一个有效的冷却系统能够保证快速均匀冷却，使塑胶在模具内迅速冷凝定型，从而提高生产效率和产品质量。首先，冷却通道的布局设计对冷却效果有重大影响。通道应均匀分布在模具内，尽可能接近模具的表面，以便更有效地吸收和排除模具内的热量。其次，冷却介质的选择也是冷却系统设计中的重要考虑因素。常用的冷却介质包括水、油和气体。选择合适的冷却介质不仅能提高冷却效率，还可以减少能源消耗和环境影响。最后，冷却系统的控制策略也关乎冷却效果。通过监控模具的温度，并根据实际情况调整冷却介质的流量和温度，可以实现冷却过程的精细控制，进一步提高成型效率和产品质量。

2.4 喷嘴设计

在塑胶注塑成型过程中，喷嘴设计对注塑质量和生产效率具有直接影响。一个优良的喷嘴设计可以保证塑料融料均匀、顺畅地进入模具，从而提高生产效率和产品质量^[5]。喷嘴的形状应该能够保证融料的顺畅流动，同时也要防止融料在喷嘴内部产生死角。喷嘴的直径应根据注塑机的能力和模具的大小进行设计，过大或过小的直径都会影响注塑的效率和质量。喷嘴材料需要有良好的耐热性和耐磨性，以承受高温、高压的融料冲击和反复注塑的磨损。喷嘴的位置应使得融料能够均匀地填充模具，喷嘴的角度应与模具的入口角度相匹配，以减少融料流动的阻力，保证注塑过程的稳定性。

3 模具优化设计对注塑效率和精度的影响

3.1 设计优化对注塑过程的影响

模具设计优化对整个注塑过程的影响是全面的，不仅关乎注塑效率和产品质量，还与整个生产过程的稳定性和经济性息息相关。从注塑效率的角度看，模具设计优化可以显著提高生产效率。例如，通过优化模具的几何形状，可以减少模具的制造和调试时间，通过优化喷嘴设计，可以增加塑料融料的注射速度，通过优化冷却系统，可以缩短产品的冷却和固化时间。这些优化都能提高注塑成型的生产效率，降低生产成本。从产品质量的角度看，模具设计优化也能显著提高产品的精度和一致性。通过优化模具的几何形状，可以提高产品的尺寸精度，通过优化喷嘴和冷却系统，可以提高产品的表面质量和内部结构的一致性。这些优化都能提高产品的质量，提升产品的市场竞争力。模具设计优化还有利于生产过程的稳定性。优化的模具设计可以提高模具的耐用性，减少模具的磨损和故障，从而提高生产过程的稳定性，减少停机时间。

3.2 设计优化对注塑产品精度的影响

模具设计优化对注塑产品的精度具有重大影响。通过模具设计的改进，可以大大提高塑胶产品的尺寸精度、形状精度和表面质量。

通过优化模具的几何形状设计，可以显著提高产品的尺寸精度。例如，通过考虑塑料的收缩率，可以更准确地预测和控制产品的尺寸；通过优化模具的结构，可以减少产品的变形和缩水，从而提高产品的尺寸稳定性。

通过优化模具的喷嘴设计，可以显著提高产品的形状精度。喷嘴设计的优化可以保证融料在模具内的均匀分布，减少注射过程中的压力和温度变化，从而提高产品的形状稳定性。

通过优化模具的冷却系统设计，可以显著提高产品的表面质量。良好的冷却系统设计可以保证产品在冷却过程中的温度均匀性，减少热应力产生，从而提高产品的表面光滑度和形状稳定性。

4 实验和模拟研究

4.1 实验设定和方法

为了系统地研究模具设计优化对塑胶注塑成型效率和精度的影响，我们设计了一系列实验并利用模拟工具进行了深入分析。

我们选择了一个具有代表性的塑胶产品作为研究对象，该产品具有一定的复杂性，可以充分体现模具设计的影响。该产品是由聚丙烯（PP）制造的，其设计要求具有高的尺寸精度和表面质量。

另外，我们设计了一套塑胶注塑成型的模具，包括主模、辅模、喷嘴和冷却系统。模具的设计参考了现有的设计规范，但在几何形状、喷嘴和冷却系统等关键部位进行了一些创新设计。

在实验设定中，我们将研究模具设计优化对塑胶注塑成型效率和精度的影响。我们将测试不同的模具设计参数，包括模具的几何形状、喷嘴的形状和尺寸、冷却系统的设计等以及它们对注塑效率和产品精度的影响。

实验方法包括这几个步骤：①对每一种模具设计参数进行塑胶注塑成型，收集并记录注塑效率和产品精度的数据。②对收集的数据进行统计分析，分析不同模具设计参数对注塑效率和产品精度的影响。③对影响注塑效率和产品精度的关键模具设计参数进行优化，形成优化的模具设计方案。④对优化后的模具设计方案进行塑胶注塑成型，验证优化效果。

4.2 实验结果及分析

在我们的实验设置和方法的基础上，我们得到了一系列有关模具设计优化对塑胶注塑成型效率和精度影响的实验结果。以下是我们的结果和分析。

4.2.1 模具的几何形状设计分析

我们发现通过优化模具的几何形状，能够有效地提高

注塑效率。优化后的模具减少了模具的制造和调试时间，并提高了塑料融料的填充效率。

4.2.2 喷嘴设计分析

我们发现通过优化喷嘴的形状和尺寸，能够显著提高注塑效率 and 产品质量。优化后的喷嘴使得融料能够更快、更均匀地填充模具，从而提高了注塑效率。同时，优化后的喷嘴也提高了产品的形状稳定性，提高了产品的质量。

4.2.3 冷却系统设计分析

我们发现通过优化冷却系统，能够显著提高注塑效率和产品质量。优化后的冷却系统使得产品在冷却过程中的温度更均匀，缩短了产品的冷却和固化时间，从而提高了注塑效率。同时，优化后的冷却系统也提高了产品的表面质量和形状稳定性。

4.3 模拟研究方法和结果

在进行实验研究的同时，我们也采用了模拟研究的方式，以更深入地了解 and 解释模具设计优化对塑胶注塑成型效率和精度的影响。我们利用塑胶注塑成型模拟工具进行了模拟研究。我们设置了与实验相同的条件，包括塑胶材料、模具设计、注塑参数等，然后模拟了整个注塑过程，包括塑料融化、融料注射、产品冷却和模具开模等步骤。在模拟过程中，我们收集了大量的数据，包括注塑时间、产品质量和成型状态等。

模拟结果显示，与实验结果一致，模具设计优化对注塑效率和产品精度具有显著的影响。优化的模具设计可以显著提高注塑效率，提高产品的尺寸精度和表面质量。模拟结果也揭示了模具设计优化的影响机制，为我们的实验结果提供了理论支持。

5 塑胶注塑部件模具优化设计和工艺的改进建议

5.1 对现有模具设计的改进建议

基于我们的实验和模拟研究结果，我们提出以下针对现有塑胶注塑模具设计的改进建议：

①考虑材料的性质：在设计模具的时候，需要充分考虑塑胶材料的性质，包括其熔融温度、流动性、收缩率等。例如，可以根据塑胶材料的收缩率来预测和调整产品的尺寸。②优化几何形状设计：模具的几何形状设计对注塑成型的效率和产品精度有重要影响。通过优化模具的形状，可以提高融料的填充效率，减少产品的变形和缩水，提高产品的尺寸精度。③优化喷嘴设计：喷嘴是模具的关键部件，其设计对注射过程的控制和产品的质量有重要影响。通过优化喷嘴的形状和尺寸，可以保证融料在模具内的均匀分布，提高注射效率，提高产品的形状稳定性。④优化冷却系统设计：良好的冷却系统设计可以保证产品在冷却过程中的温度均匀性，缩短产品的冷却和固化时间，提高注塑效率。

5.2 对现有注塑工艺的改进建议

针对现有的塑胶注塑工艺，我们根据研究结果提出以

下改进建议：

①参数调整：注塑过程中的各项参数，如注塑速度、注塑压力、熔融温度、冷却时间等，均对注塑效率和产品质量有重要影响。我们建议注塑厂家根据塑料材料的性质和模具设计，精细调整这些参数，以优化注塑效果。

②环境控制：注塑过程中的环境条件，如温度、湿度等，也会对注塑效果产生影响。因此，建议注塑厂家加强工作环境的控制，尽可能保持稳定的工作环境，降低环境因素对注塑效果的影响。

③人员培训：操作人员的技术水平和操作熟练度，对注塑效果也有重要影响。因此，建议注塑厂家加强人员培训，提高操作人员的技术水平和操作熟练度，确保注塑过程的稳定性和产品质量的可控性。

④质量控制：注塑过程中的质量控制是保证产品质量的关键。建议注塑厂家加强质量控制，如设定严格的产品检测标准，引入高效的质量检测设备，以确保产品质量的稳定性。

⑤使用先进的注塑设备：先进的注塑设备可以提供更精准的控制和更高的效率。建议注塑厂家引入先进的注塑设备，如全电动注塑机、高速注塑机等，以提高注塑效率和产品质量。

⑥实施持续改进：注塑工艺是一个复杂的系统，需要通过持续的改进才能实现最佳效果。建议注塑厂家引入持续改进的理念和方法，如引入六西格玛、精益生产等管理工具，持续优化注塑工艺，提高生产效率和产品质量。

6 结语

在论文中，我们深入探讨了塑胶注塑成型中的模具设计优化和工艺研究，对模具设计的关键因素进行了详细分析，提出了模具优化设计对注塑效率和精度的影响，并通过实验和模拟研究验证了我们的理论分析。此外，我们还针对现有的模具设计和注塑工艺提出了改进建议，旨在为塑胶注塑行业的技术进步提供科学依据，为模具设计和制造提供实用的参考。通过本研究，我们期望能够激发更多的关于塑胶注塑模具设计和工艺优化的研究，并推动塑胶注塑行业的持续发展和创新。

参考文献

- [1] 林华钊.汽车密封壳体精密双色注塑模具的优化设计研究[D].广州:华南理工大学,2017.
- [2] 魏翔宇.汽车三色固定侧尾灯罩注塑工艺参数多目标优化与模具设计[D].镇江:江苏大学,2021.
- [3] 任娟,刘红梅.基于计算机辅助技术的数字化注塑模具优化研究[J].青岛大学学报(工程技术版),2023,38(2):53-59+67.
- [4] 张新聚,李亚男,刘雷.影响注塑模具成型质量的关键因素分析[J].塑料工业,2018,46(5):71-75.
- [5] 罗树艺.硬质合金喷嘴热流道系统在实际生产中的应用[J].科教导刊(中旬刊),2017,305(17):35-36+66.