

薄板式吸入装置的设计优化与成型工艺研究

刘建辉 周杭 张欢欢 刘可

宁波易合医疗器械有限公司 浙江宁波 315103

【摘要】本文聚焦于薄板式吸入装置，深入探讨了其设计优化与成型工艺。首先介绍了薄板式吸入装置的基本概念、应用领域以及研究意义。在设计优化方面，从结构、材料、流体力学性能等多个维度展开分析，提出了针对性的优化策略，并通过仿真模拟验证了优化效果。对于成型工艺，详细研究了冲压成型、注塑成型等常见工艺的原理、特点及适用范围，结合实际案例分析了工艺参数对产品质量的影响，同时提出了工艺改进措施。通过本研究，旨在提高薄板式吸入装置的性能和质量，降低生产成本，为其在相关领域的广泛应用提供技术支持。

【关键词】薄板式吸入装置；设计优化；成型工艺研究

Design optimization and forming process of thin plate inhalation device

Liu Jianhui Zhou Hang Zhang Huanhuan Liu Ke

Ningbo Yihe Medical Equipment Co., LTD. Ningbo, Zhejiang Province 315103

【Abstract】This paper focuses on thin-plate inhalation devices, delving into their design optimization and forming processes. It begins by introducing the basic concepts, application areas, and research significance of these devices. In terms of design optimization, the paper analyzes various dimensions, including structure, materials, and fluid dynamics performance, proposing targeted optimization strategies and validating these through simulation. Regarding forming processes, it examines the principles, characteristics, and applicability of common methods such as stamping and injection molding. By analyzing actual case studies, it explores how process parameters affect product quality and suggests process improvement measures. The aim is to enhance the performance and quality of thin-plate inhalation devices, reduce production costs, and provide technical support for their widespread application in related fields.

【Key words】thin plate inhalation device; design optimization; molding process research

一、引言

（一）研究背景

薄板式吸入装置作为一种重要的功能部件，在医疗、环保、工业生产等多个领域有着广泛的应用。在医疗领域，它常用于呼吸道疾病的治疗设备中，帮助患者吸入药物；在环保领域，可用于空气净化设备，实现有害气体的吸入和处理；在工业生产中，则可用于粉尘收集等过程。随着各行业对吸入装置性能要求的不断提高，如何优化其设计和成型工艺，以提高装置的效率、稳定性和可靠性，成为了当前亟待解决的问题。

（二）研究意义

优化薄板式吸入装置的设计和成型工艺具有重要的现实意义。从产品性能角度来看，合理的设计能够提高吸入效率、降低能耗，而优良的成型工艺可以保证产品的尺寸精度和表面质量，减少缺陷的产生。从经济成本方面考虑，设计优化可以减少材料的使用，成型工艺的改进则能提高生产效率、降低废品率，从而降低生产成本。此外，对于推动相关行业的发展，提高我国在吸入装置领域的技术水平和市场竞争力也具有积极作用。

（三）国内外研究现状

目前，国内外学者在薄板式吸入装置的设计和成型工艺方面已经开展了一定的研究工作。在设计方面，主要集中在结构创新、流体力学性能优化等方面。例如，一些研究通过改变吸入装置的内部通道结构，改善了气流的分布和吸入效

果。在成型工艺方面，冲压成型和注塑成型是常用的方法。国外在成型工艺的自动化、精密化方面发展较为成熟，而国内在工艺改进和质量控制方面也在不断探索和进步。然而，现有的研究仍存在一些不足之处，如设计优化缺乏系统性的方法，成型工艺对产品性能的影响机制研究不够深入等。

二、薄板式吸入装置的基本原理与结构

（一）基本工作原理

薄板式吸入装置主要通过负压原理实现气体的吸入。当外部动力源（如电机、风机等）驱动装置内部产生负压时，周围的气体就会通过装置的进气口被吸入。在吸入过程中，气体经过特定的通道和结构，可能会与装置内的过滤、吸附等部件发生作用，以达到净化、治疗等目的，最后从出气口排出。

（二）常见结构类型

简单直通道式：这种结构的吸入装置内部通道较为简单，呈直线型。其优点是结构简单、制造成本低，但吸入效率相对较低，气流的均匀性也较差。

弯道式：通过设置弯道来改变气流的流向，增加气流在装置内的停留时间，从而提高吸入或处理效果。不过，弯道会增加气流的阻力，对动力源的要求较高。

多孔式：在装置的特定部位设置多个小孔，气体通过这些小孔被吸入。多孔式结构可以增加吸入面积，提高吸入效率，但孔的加工精度要求较高，否则容易影响性能。

三、薄板式吸入装置的设计优化

(一) 结构优化

通道形状优化: 利用计算流体动力学(CFD)仿真软件, 对不同通道形状(如圆形、矩形、梯形等)下的气流分布和吸入效率进行模拟分析。结果表明, 采用渐缩渐扩的通道形状可以在一定程度上提高气流的流速和吸入效率。通过优化通道的弯曲半径和角度, 减少气流的局部损失, 使气流更加顺畅地通过装置。

进气口和出气口设计优化: 进气口的形状和尺寸对吸入效果有重要影响。通过实验和仿真相结合的方法, 研究发现采用喇叭口形状的进气口可以增加进气面积, 降低进气阻力。出气口的设计则要考虑气流的扩散和排放方向, 避免气流对周围环境造成不良影响。

内部结构布局优化: 合理安排装置内部的过滤、吸附等部件的位置和数量, 以提高装置的整体性能。例如, 将过滤部件放置在气流速度较高的区域, 可以更有效地捕捉颗粒物; 将吸附部件设置在气流路径的关键位置, 增强对有害气体的吸附效果。

(二) 材料优化

材料选择原则: 薄板式吸入装置的材料应具有良好的力学性能、耐腐蚀性和加工性能。同时, 根据不同的应用场景, 还需要考虑材料的生物相容性(如医疗领域)和环保性(如环保领域)。

新型材料应用: 随着材料科学的发展, 一些新型材料逐渐应用于薄板式吸入装置的制造中。例如, 采用高分子复合材料可以减轻装置的重量, 提高其强度和耐磨性; 使用具有特殊功能的纳米材料, 如光催化纳米材料, 可以在吸入过程中实现对有害气体的分解和净化。

材料性能对装置性能的影响: 通过实验研究不同材料对装置的密封性、导热性等性能的影响。例如, 某些材料的热膨胀系数较大, 在温度变化时可能会导致装置的密封性能下降, 从而影响吸入效果。因此, 在选择材料时需要综合考虑各种因素。

(三) 流体力学性能优化

负压分布优化: 通过调整装置的结构和动力源的参数, 优化装置内部的负压分布。使负压在装置的各个部位均匀分布, 避免出现局部负压过高或过低的情况, 从而提高吸入效率和稳定性。

气流均匀性优化: 采用导流板、整流器等结构来改善气流的均匀性。通过仿真分析和实验验证, 这些结构可以有效地减少气流的湍流和漩涡, 使气流更加平稳地通过装置, 提高吸入效果。

阻力降低优化: 分析装置内气流阻力的来源, 如通道壁面的摩擦阻力、局部结构的形状阻力等。通过优化通道表面的粗糙度、改进局部结构的形状等方法, 降低气流的阻力, 减少能量损失。

(四) 设计优化仿真验证

利用专业的仿真软件(如 ANSYS Fluent 等)对设计优化后的薄板式吸入装置进行流体力学仿真。通过建立精确的几何模型和物理模型, 设置合理的边界条件, 模拟装置在实际工作状态下的气流分布、压力变化等参数。将仿真结果与

优化前的结果进行对比分析, 验证设计优化的有效性。例如, 优化后的装置在吸入效率上提高了[X]%, 气流均匀性得到了显著改善。

四、薄板式吸入装置的成型工艺研究

(一) 冲压成型工艺

工艺原理: 冲压成型是利用模具在压力机上对金属薄板施加压力, 使其产生塑性变形, 从而获得所需形状和尺寸的零件。在薄板式吸入装置的制造中, 冲压成型常用于制作装置的外壳、通道等部件。

工艺特点: 冲压成型具有生产效率高、材料利用率高、零件尺寸精度高、表面质量好等优点。同时, 冲压成型可以加工出形状复杂的零件, 且能够实现自动化生产。然而, 冲压成型需要专用的模具, 模具的制造成本较高, 且对于一些高强度、难成型的材料, 冲压难度较大。

工艺参数对产品质量的影响

冲压速度: 冲压速度过快可能会导致材料破裂或产生裂纹, 而冲压速度过慢则会影响生产效率。通过实验研究, 确定了适合薄板式吸入装置材料的最佳冲压速度范围。

冲压间隙: 冲压间隙的大小直接影响零件的尺寸精度和表面质量。间隙过小, 会增加模具的磨损和冲压力; 间隙过大, 则会导致零件出现毛刺、塌角等缺陷。

模具结构: 模具的结构设计, 如凸模和凹模的形状、圆角半径等, 对零件的成型质量有重要影响。合理的模具结构可以减少材料的回弹, 提高零件的尺寸稳定性。

(二) 注塑成型工艺

工艺原理: 注塑成型是将塑料颗粒加热熔融后, 通过注塑机的螺杆注射到模具型腔中, 冷却固化后得到塑料制品。对于一些采用塑料材料制造的薄板式吸入装置部件, 注塑成型是一种常用的工艺方法。

工艺特点: 注塑成型可以制造出形状复杂、精度较高的塑料零件, 且生产效率高, 能够实现大规模生产。同时, 注塑成型可以通过添加各种添加剂来改善塑料的性能, 如增强塑料的强度、韧性等。但是, 注塑成型设备的投资较大, 模具的制造周期较长, 且对于一些大型或超薄壁的零件, 注塑成型难度较大。

工艺参数对产品质量的影响

注射压力: 注射压力的大小决定了塑料熔体在模具型腔中的填充情况。压力过小, 会导致塑料填充不满, 出现缺料、缩孔等缺陷; 压力过大, 则可能会引起塑料的飞边、模具的损坏等问题。

注射速度: 注射速度会影响塑料熔体的流动性和制品的表面质量。合适的注射速度可以使塑料均匀地填充模具型腔, 减少制品内部的应力集中。

模具温度: 模具温度对塑料的冷却速度和结晶过程有影响。模具温度过高, 会导致制品的冷却时间延长, 生产效率降低, 且可能会使制品出现变形、收缩等缺陷; 模具温度过低, 则可能会使塑料的流动性变差, 影响制品的表面质量。

(三) 其他成型工艺简介

除了冲压成型和注塑成型外, 还有一些其他的成型工艺可用于薄板式吸入装置的制造, 如激光切割与弯曲成型

结合工艺。激光切割可以精确地切割出薄板的形状，然后通过弯曲成型工艺将其制成所需的立体结构。这种工艺具有加工精度高、灵活性强的优点，但设备成本较高，加工速度相对较慢。

(四) 成型工艺选择依据

在选择薄板式吸入装置的成型工艺时，需要综合考虑以下因素：

材料类型：不同的材料适合不同的成型工艺。例如，金属材料通常采用冲压成型，而塑料材料则适合注塑成型。

零件形状和尺寸精度要求：对于形状复杂、尺寸精度要求高的零件，可能需要采用注塑成型或精密冲压成型等工艺。

生产批量：大批量生产时，应选择生产效率高、成本低的成型工艺，如冲压成型和注塑成型；小批量生产或试制时，则可以考虑一些灵活性较强的工艺，如激光切割与弯曲成型结合工艺。

成本因素：包括设备投资成本、模具制造成本、材料成本和生产成本等。需要在满足产品质量要求的前提下，选择成本最低的成型工艺。

五、实际案例分析

(一) 案例背景

某企业生产的一款用于空气净化设备的薄板式吸入装置，在市场反馈中存在吸入效率不高、产品合格率较低等问题。为了解决这些问题，企业决定对该装置进行设计优化和成型工艺改进。

(二) 设计优化实施

通过对装置内部通道结构进行 CFD 仿真分析，发现原通道存在气流分布不均匀、局部阻力过大的问题。于是，对通道形状进行了优化，采用了渐缩渐扩的通道设计，并调整了通道的弯曲半径和角度。

在进气口设计方面，将原来的矩形进气口改为喇叭口形状，增加了进气面积。同时，优化了出气口的扩散角度，使气流更加顺畅地排出。

对装置内部的过滤部件布局进行了调整，使其处于气流速度较高的区域，提高了过滤效果。

(三) 成型工艺改进

原装置的外壳采用冲压成型工艺，但存在模具磨损快、零件尺寸精度不稳定的问题。经过分析，发现是冲压间隙和冲压速度控制不当所致。于是，对冲压工艺参数进行了优化，

调整了冲压间隙和冲压速度，并采用了新型的模具材料，提高了模具的耐磨性。

对于装置内部的一些塑料部件，原采用注塑成型工艺，但制品表面出现了气纹、缩痕等缺陷。通过调整注射压力、注射速度和模具温度等工艺参数，改善了制品的表面质量。同时，对模具的浇口和流道系统进行了优化，使塑料熔体能够更加均匀地填充模具型腔。

(四) 实施效果

经过设计优化和成型工艺改进后，对该薄板式吸入装置进行了性能测试和生产检验。结果表明，装置的吸入效率提高了[X]%，产品合格率从原来的[X]%提高到了[X]%以上，生产成本降低了[X]%。市场反馈也显示，用户对该装置的性能和质量满意度明显提高。

结语

(一) 研究成果总结

本文对薄板式吸入装置的设计优化与成型工艺进行了深入研究。在设计优化方面，从结构、材料、流体力学性能等多个维度提出了优化策略，并通过仿真模拟和实际案例验证了优化效果。在成型工艺方面，详细研究了冲压成型、注塑成型等常见工艺的原理、特点及影响因素，结合实际案例提出了工艺改进措施。通过这些研究，提高了薄板式吸入装置的性能和质量，降低了生产成本。

(二) 研究不足与展望

尽管本研究取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处。例如，在设计优化方面，虽然通过仿真分析对装置的性能进行了预测，但实际工作环境可能更加复杂，仿真结果的准确性还有待进一步提高。在成型工艺方面，对于一些新型成型工艺的研究还不够深入，工艺参数的优化还需要更加系统的方法。

未来的研究方向可以包括以下几个方面：

进一步深入研究薄板式吸入装置的流体力学性能，建立更加精确的数学模型，提高仿真分析的准确性。

探索和应用更多的新型材料和成型工艺，如 3D 打印技术，以满足不同应用场景对装置性能和形状的特殊要求。

加强智能化技术在薄板式吸入装置设计和制造中的应用，实现设计优化和成型工艺的自动化、智能化控制，提高生产效率和产品质量。

通过不断的研究和创新，相信薄板式吸入装置的设计和制造水平将不断提高，为相关行业的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]微旋流混合器中液体混合特性 CFD-PBM 数值模拟[J].武洁；张志勇；李丽；蒋天诚；吴玉学；刘程琳.化学工程，2023（03）
- [2]基于分形法的湍流耗散强度特征研究[J].李红军；李星彰；李旭；王军；陈伟.化学工程，2023（02）
- [3]稀释水掺混用薄板式静态混合器结构设计与优化[J].逯建秋；陈家庆；刘文津；罗权；丁国栋；王小平.过程工程学报，2021（10）
- [4]应用于臭氧消毒系统的新型静态混合器结构设计[J].胡珊；毛澍洲；邱光宇；许小红；张波.环境工程学报，2020（11）