

多孔梅花管挤出成型工艺参数优化与结构完整性研究

徐敏 徐荣

浙江远旺电力设备有限公司 323000

【摘要】多孔梅花管作为一种结构特殊的塑料管材，在通信、电力等领域具有广泛应用。本文针对多孔梅花管挤出成型过程中的工艺参数优化与结构完整性问题展开深入研究。通过分析材料特性、模具设计和工艺参数对产品质量的影响，建立了系统的工艺优化方案。研究内容涵盖材料流变特性、模具结构优化、工艺参数调控等多个方面。研究表明，通过精确控制挤出温度、螺杆转速和牵引速度等关键参数，可以有效改善管材的结构完整性和尺寸稳定性。同时，通过优化模具流道设计和冷却系统配置，显著提升了产品的力学性能和外观质量。开发的专业生产装备实现了工艺参数的精确控制，为高质量多孔梅花管的生产提供了可靠保障。本研究为多孔梅花管的工业化生产提供了理论依据和技术支持。

【关键词】多孔梅花管；挤出成型；工艺优化；结构完整性；模具设计；质量控制

Optimization of Extrusion Process Parameters and Structural Integrity Study on Porous Plum Blossom Pipes

Xu Min Xu Rong

Zhejiang Yuanwang Electric Power Equipment Co., Ltd. 323000

【Abstract】As a structurally unique plastic pipe material, porous plum blossom pipes find extensive applications in telecommunications, power engineering, and related fields. This study conducts an in-depth investigation into optimizing process parameters and ensuring structural integrity during the extrusion molding of these pipes. By analyzing the impact of material properties, mold design, and process parameters on product quality, a systematic process optimization protocol was established. The research encompasses multiple aspects including material rheological characteristics, mold structure optimization, and process parameter regulation. Results demonstrate that precise control of critical parameters such as extrusion temperature, screw speed, and traction velocity significantly enhances both structural integrity and dimensional stability of the pipes. Additionally, optimized mold runner design and cooling system configuration markedly improve the mechanical properties and surface quality of the products. The developed specialized production equipment enables precise process parameter control, providing reliable assurance for high-quality porous plum blossom pipe manufacturing. This study offers theoretical foundations and technical support for the industrial production of such pipes.

【Key words】Porous plum blossom tube, extrusion molding, process optimization, structural integrity, mold design, quality control

一、引言

多孔梅花管因其独特的结构形式和优越的使用性能，在现代通信和电力工程中发挥着重要作用，这种管材具有多个管孔呈梅花状排列的结构特点，既能有效分隔线缆，又便于施工铺设。挤出成型作为多孔梅花管的主要生产方法，其工艺水平直接影响产品的最终质量，在实际生产过程中，由于多孔结构的复杂性，往往容易出现管壁厚度不均、孔形畸变、熔接痕明显等问题，这些问题严重影响管材的结构完整性和使用性能。

多孔梅花管的生产是一个涉及多个技术领域的复杂过程，在材料方面，需要选用具有适宜流变特性的塑料原料，以保证在复杂流道中的成型质量；在模具方面，多孔结构要求模具具有精密的流道设计，确保熔体均匀分布到各个管孔；在工艺方面，温度、压力、速度等参数的协调控制至关重要，这些技术要素相互关联、相互影响，需要从系统工程

的角度进行综合分析和优化。

当前，随着新材料和新工艺的不断涌现，多孔梅花管的生产技术也在持续发展，但在实际生产中，仍然面临着产品结构完整性不足、尺寸稳定性差等问题，特别是在高精度应用场合，对管材的几何精度和力学性能提出了更高要求。因此，需要深入开展多孔梅花管挤出成型工艺研究，优化生产工艺参数，提升产品结构完整性，本文的研究工作旨在通过系统的实验研究和理论分析，解决多孔梅花管生产中的关键技术问题，为行业技术进步提供支持。

本研究将从材料特性分析入手，系统探讨多孔梅花管的成型机理和工艺特性，通过建立完整的实验研究平台，深入分析各工艺参数对产品质量的影响规律。在模具设计方面，研究流道结构对熔体流动的影响，优化模具设计方案，在工艺优化方面，探索最佳工艺参数组合，提高产品的一致性和可靠性，研究成果将为多孔梅花管的工业化生产提供重要的技术支撑。

二、材料特性与成型机理

多孔梅花管的成型质量与原料特性密切相关,常用的高密度聚乙烯、聚氯乙烯等材料具有不同的流变特性,这些特性直接影响熔体在模具中的流动行为。材料的熔体流动速率是重要的参考指标,它反映了材料在特定条件下的流动性能,对于多孔梅花管这种复杂结构产品,需要选择具有适当熔体流动速率的材料,以保证熔体能够充分填充模具的各个流道,同时,材料的热稳定性也不容忽视,它决定了材料在加工过程中的降解程度。

材料的收缩特性对产品尺寸精度具有重要影响,不同材料在冷却过程中表现出不同的收缩率,这种收缩会导致产品尺寸发生变化,在多孔梅花管的成型过程中,由于结构的不对称性,各部位的收缩情况可能存在差异,容易引起产品变形。通过添加适当的填料或改性剂,可以调节材料的收缩特性,提高产品的尺寸稳定性,此外,材料的结晶行为也会影响最终产品的性能,适当的结晶度可以提高产品的力学性能,但过高的结晶度可能导致脆性增加。

多孔梅花管的成型过程涉及复杂的流变学问题,熔体在模具中的流动需要克服流道阻力,同时保持足够的压力以保证充分填充,各个管孔的流动平衡是保证产品质量的关键,任何流动不平衡都会导致管壁厚度不均或孔形畸变。熔体的弹性效应也会影响产品质量,过大的弹性可能导致熔体破裂或表面粗糙,通过深入研究材料的流变特性,可以更好地理解和控制成型过程,为工艺优化提供理论指导。

三、模具设计与优化

模具是多孔梅花管生产的核心部件,其结构设计直接影响产品质量,多孔梅花管模具通常采用多流道设计,每个管孔对应一个独立的分流道,分流道的尺寸和形状需要精心设计,以确保熔体均匀分配到各个管孔。流道表面的光洁度也很重要,光滑的流道表面可以减少流动阻力,防止熔体滞留,模唇区的设计尤为关键,它决定了管材的外形尺寸和表面质量。

热平衡设计对模具性能具有重要影响,多孔梅花管模具结构复杂,各个部位的热量分布可能不均匀,通过合理的加热系统设计,可以确保模具各部位温度一致。加热元件的布置需要经过仔细计算,避免出现局部过热或过冷现象,温度控制系统应能精确调节模具温度,保证工艺稳定性,良好的热平衡设计可以有效改善产品质量,提高生产效率。

模具的结构强度也需要充分考虑,在挤出过程中,模具需要承受较高的熔体压力,这就要求模具具有足够的强度和刚度,通过有限元分析可以模拟模具在工作状态下的应力分布,优化结构设计。对于一些大型模具,还需要考虑热膨胀的影响,避免因温度变化导致尺寸偏差,此外,模具的维护保养也很重要,定期的清洁和维护可以延长模具使用寿命,保证产品质量稳定。

四、挤出工艺参数优化

温度控制是挤出工艺中的重要环节,多孔梅花管的挤出过程需要精确控制多个温度区间,包括料筒温度、模头温度和熔体温度,料筒温度通常采用分段控制,从加料段到计量段逐渐升高,确保物料充分熔融。模头温度直接影响产品的外观质量和尺寸稳定性,需要精确控制,熔体温度的均匀性对产品质量至关重要,温度波动可能导致流动不稳定,影响产品一致性。

螺杆转速和牵引速度的匹配对产品尺寸控制非常关键,螺杆转速决定了挤出量和熔体压力,影响生产的稳定性和效率,牵引速度则控制着产品的拉伸比和最终尺寸,这两个参数需要协调配合,保持适当的生产节奏。过高的螺杆转速可能导致熔体压力过大,引起模具流道内流动不平衡,而过快的牵引速度则会使产品壁厚变薄,影响结构强度,通过优化这两个参数的配合关系,可以获得理想的产品尺寸和性能。

冷却过程的控制对产品性能具有重要影响,多孔梅花管结构复杂,各部位冷却速度可能不一致,容易产生内应力和变形,冷却水温、冷却速度以及冷却方式都需要精心设计。采用梯度冷却方式可以减小内应力,提高产品尺寸稳定性,冷却水槽的长度和结构也需要优化,确保产品充分均匀冷却,良好的冷却系统设计可以有效改善产品性能,提高生产效率。

五、结构完整性分析

多孔梅花管的结构完整性直接影响其使用性能和使用寿命,管壁厚度的均匀性是衡量结构完整性的重要指标,在实际生产中,由于流动不平衡或冷却不均,往往会出现管壁厚度差异,这种厚度不均会导致应力集中,降低产品的承载能力。通过优化模具设计和工艺参数,可以改善管壁厚度的均匀性,提高产品结构完整性。

熔接痕质量是影响结构完整性的另一个重要因素,在多孔梅花管成型过程中,熔体在模具中汇合形成熔接痕,熔接痕处的强度通常低于其他部位,容易成为破坏的起点,通过提高熔体温度、增加保压压力等措施,可以改善熔接痕质量。模具结构设计也会影响熔接痕的形成,合理的流道设计可以使熔接痕出现在应力较小的位置。

产品的尺寸稳定性是结构完整性的重要体现,多孔梅花管在使用过程中需要保持稳定的几何形状,才能确保其功能正常发挥,材料的收缩特性、工艺参数设置以及冷却条件都会影响产品的尺寸稳定性。通过优化材料配方和改进生产工艺,可以提高产品的尺寸精度,确保其在长期使用过程中保持稳定的性能。

六、质量控制与检测方法

完善的质量控制体系是保证产品质量的基础,原材料检验是质量控制的第一道关口,需要严格把控原料的各项性能指标,生产过程中的在线检测可以及时发现质量问题,避免不合格品流入下道工序。成品检验则是确保出厂产品质量的最后保障,建立完善的质量控制体系,对提高产品一致性和可靠性具有重要意义。

尺寸检测是质量控制的重点内容,多孔梅花管的结构复杂,需要检测的尺寸参数较多,包括外径、内径、壁厚、孔间距等,采用自动化检测设备可以提高检测效率和准确性。对于关键尺寸,需要建立严格的公差标准,确保产品符合使用要求,定期的尺寸检测数据还可以用于工艺优化,帮助改进生产过程。

性能测试是评价产品质量的重要手段,力学性能测试可以检验产品的结构强度,包括环刚度、抗冲击性能等测试项目,热性能测试可以评估产品的使用温度范围,耐环境应力开裂测试则可以预测产品的使用寿命,通过这些性能测试,可以全面了解产品的质量状况,为产品改进提供依据。

七、装备开发与系统集成

专业挤出系统的开发对提高产品质量至关重要,针对多孔梅花管的生产特点,需要开发专用的挤出设备。螺杆结构需要根据材料特性进行优化,确保塑化质量和产量稳定,驱动系统应具有精确的速度控制能力,保证生产工艺的稳定性,温控系统需要实现精确的温度控制,为高质量生产创造条件。

辅机系统的配置也直接影响生产效率,定径冷却系统需要根据产品结构特点进行专门设计,确保产品尺寸稳定。牵引装置应具有精确的速度控制和足够的牵引力,保证生产过程的稳定性,切割系统需要实现精确的长度控制,满足产品规格要求,这些辅机设备的性能直接影响整个生产线的运行效率。

控制系统集成是实现智能化生产的关键,现代挤出生产线通常采用计算机控制系统,实现全线设备的协调运行,工艺参数的集中控制可以提高操作便利性,保证工艺稳定性,数据采集系统可以记录生产过程中的各项参数,为质量追溯和工艺优化提供依据,远程监控功能则方便管理人员随时了解生产状况,及时处理异常情况。

参考文献

- [1]吴海军,么迎辉,冯永红.塑料挤出成型自动化生产技术研究[J].设备管理与维修,2021,(18):158-159.DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2021.09D.88.
- [2]武卫莉,李响.改性聚丙烯纤维研究进展[J].工程塑料应用,2020,48(01):128-131.
- [3]邓力军.塑料挤出流动数值分析及其模具结构的设计优化分析[J].电子制作,2016,(16):17.DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tm.2016.16.014.
- [4]本刊编辑.能快速变径的管材挤出生产线[J].现代塑料,2020,(02):32-33.

八、应用效果与效益分析

优化后的生产工艺在实际应用中展现出良好效果,生产的多孔梅花管具有更好的结构完整性和尺寸稳定性,满足了高端应用场合的需求,产品的合格率显著提高,降低了生产成本,生产过程的稳定性也得到改善,提高了设备利用率。这些改进使得产品在市场上具有更强的竞争力。

经济效益分析显示,工艺优化带来了显著的成本优势,产品合格率的提高直接降低了原料浪费,提高了生产效率,能源消耗的降低也有助于减少生产成本,产品质量的提升延长了产品使用寿命,为用户创造了更大价值。综合来看,工艺优化项目的投资回报率令人满意。

社会效益体现在多个方面,高质量多孔梅花管的应用提高了通信和电力线路的可靠性,保障了社会基础设施的安全运行,生产过程的节能降耗符合可持续发展要求。项目的成功实施还推动了行业技术进步,具有积极的示范效应,这些社会效益进一步体现了本研究的价值。

九、结论与展望

通过系统研究,在多孔梅花管挤出成型工艺优化方面取得了重要进展,建立的工艺参数优化方案有效改善了产品质量,提高了生产效率,开发的专用生产装备为产业化生产提供了可靠保障。研究成果在实际应用中显示出良好的效果,证明了其可行性和实用性,本研究工作对提升多孔梅花管的技术水平,促进行业发展具有重要意义。

未来研究将继续深入多个方向,新材料的研究将致力于开发性能更优异的管材专用料,提高产品的综合性能,新工艺的研究将探索更高效的生产方法,进一步提升产品质量和生产效率,智能制造技术的应用将实现生产过程的精细化控制,这些研究方向将推动多孔梅花管技术持续进步。

多孔梅花管技术的发展是一个持续创新的过程,随着新材料、新工艺的不断涌现,产品性能将不断提升,通过产学研合作,加快新技术研发和推广应用,将促进行业技术水平不断提高。本研究为后续工作奠定了基础,指明了发展方向,相信在各方共同努力下,多孔梅花管技术将不断发展,为通信和电力建设做出更大贡献。