

注塑成型工艺参数对塑料制品性能的影响研究

杨 旭

秦皇岛耀华装备集团股份有限公司 河北 秦皇岛 066000

摘 要：本研究深入探讨了注塑成型工艺参数对塑料制品性能的影响。通过系统分析熔体温度、模具温度、注射压力、保压压力、注射时间、冷却时间以及熔体流量等关键工艺参数，揭示它们对塑料制品的力学性能、尺寸稳定性、表面质量及内部应力分布等方面的综合影响机制。实验结果表明，优化工艺参数能显著提升塑料制品的整体性能，满足特定应用领域的高标准要求。本研究为注塑成型工艺的优化提供了理论依据和实践指导，对推动塑料制品行业的可持续发展具有重要意义。

关键词：注塑成型工艺参数；塑料制品；性能的影响

1 注塑成型工艺参数概述

1.1 注塑成型工艺简介

注塑成型，也称为注射成型，是一种高效的塑料加工技术。注塑成型工艺主要包括以下几个关键阶段：合模（闭模）：此阶段模具闭合，为接下来的填充阶段做准备。填充：从模具闭合开始注塑，塑料熔体迅速填充模具型腔，直至大约95%被填满。填充时间的长短直接影响成型效率，同时也受到塑料类型、粘度等多种条件的制约。保压：在填充完成后，持续施加压力以压实熔体，增加塑料密度，补偿塑料的收缩行为。保压阶段要一直持续到浇口固化封口为止，此时模腔压力达到最高值。冷却：成型塑料制品在模具内冷却固化到一定刚性，以确保脱模后不会因外力而产生变形。冷却时间占整个成型周期的70%~80%，设计良好的冷却系统可以大幅缩短成型时间，提高生产率。开模：模具打开，为脱模做准备。脱模：注塑成型循环中的最后一个环节，将固化后的塑料制品从模具中取出。脱模方式不当可能会导致产品在脱模时受力不均，引起产品变形等缺陷。注塑成型工艺以其高效率、成本效益、材料多样性、适应性强和自动化程度高等特点，广泛应用于汽车、家用电器、日常用品、医疗器械和玩具等多个行业。

1.2 注塑成型工艺参数分类

注塑成型工艺参数对制品的质量和性能产生直接影响，这些参数主要包括以下几类：（1）温度相关参数；熔体温度（料筒温度）：熔体温度是指塑料在料筒内的加热温度。料筒一般分三段加热，从料斗到射嘴前依次由低到高，使塑胶材料逐步熔融、塑化。熔体温度的高低直接影响塑料的流动性和填充效率。不同塑料有其特定的熔点和加工温度范围，精确控制加热温度对于保证产品质量至关重要。模具温度：模具温度是指与制品

接触的模腔表面温度。模具温度的高低对制品的冷却速度、尺寸稳定性、外观和性能有重要影响。某些塑胶材料由于其结晶化温度较高，结晶速度较慢，因此需要较高的模具温度来促进其成型^[1]。（2）压力相关参数；注射压力：注射压力是推动塑料熔体流动的关键因素，对产品的尺寸、重量及变形情况产生直接影响。注射压力的大小还决定着产品的密度，进而影响产品的外观光泽性。保压压力：保压压力是在填充阶段完成后，为了补偿塑料收缩而持续施加的压力。保压压力和时间共同确保制品的密度和尺寸稳定性。锁模压力：锁模压力是模具闭合时施加的压力，用于保持模具的闭合状态，防止熔体泄漏。锁模压力的大小应根据注塑件的投影面积进行合理计算。（3）速度相关参数；注射速度：注射速度控制熔体填充模腔的速度，对制品内部结构有显著影响。注射速度通常遵循先慢-快-后慢的原则，以确保熔体顺利填充模具并避免产生缺陷。开合模速度：开合模速度影响模具的开启和闭合时间，进而影响生产周期。合理的开合模速度设置可以确保模具的平稳运行和制品的质量。（4）其他重要参数；注射量：注射量是指注塑机螺杆在注塑过程中向模具内注入的熔体量。注射量的大小与计量行程的精确度紧密相关，必须根据制品需求和注塑机的规格进行合理设置。计量行程（预塑行程）：计量行程是螺杆在预塑过程中后退的距离，它决定了每次注射的熔体量。计量行程的重复精度会影响注射量的波动，进而影响制品的质量。余料量：余料量是指螺杆头部留存的熔体量，用于控制注射量的重复精度和防止机械碰撞。余料量的大小应根据塑料的特性和制品的要求进行设置。防延量：防延量是指螺杆在计量到位后直线后退一段距离，以降低熔体内压并防止熔体从计量室流出。防延量的设置应视塑胶的黏度和制品的情况而

定。螺杆转速：螺杆转速影响塑化能力和熔体温度的均匀性。不同塑料有其最大O.D（外径）线速度值，螺杆转速的设定应根据塑料的特性和注塑机的性能进行调整。

2 塑料制品性能评价指标

2.1 塑料制品性能概述

塑料制品的性能由多种因素决定，包括原材料的性质、加工工艺、模具设计以及后续处理等。塑料制品的性能可以从多个维度进行评价，包括但不限于物理性能、化学性能、热性能、电性能、机械性能、光学性能以及环境适应性等。这些性能相互关联，共同决定了塑料制品的应用范围和适用条件^[2]。物理性能主要涉及塑料制品的尺寸稳定性、密度、硬度、透明度等。尺寸稳定性决定了塑料制品在制造和使用过程中能否保持精确的尺寸和形状；密度则反映了塑料的质量分布和重量；硬度是衡量塑料抵抗外界机械作用的能力；透明度则影响塑料制品在光学应用中的表现。化学性能关注塑料制品在不同环境条件下的化学稳定性，如耐腐蚀性、耐溶剂性、抗氧化性等。这些性能决定了塑料制品能否在特定环境中长期使用而不发生变质或失效。热性能主要考察塑料制品在高温或低温条件下的表现，如热变形温度、熔融温度、热导率等。这些性能对于塑料制品在高温环境下的稳定性和低温环境下的韧性至关重要。电性能涉及塑料制品的导电性、绝缘性、介电常数等，对于电子产品和电气设备的塑料部件尤为重要。机械性能是塑料制品抵抗外力作用的能力，包括拉伸强度、压缩强度、弯曲强度、冲击强度等。这些性能决定了塑料制品的承载能力和使用寿命。光学性能则关注塑料制品的透光性、折射率、色散等，对于光学器件和视觉要求较高的产品具有重要意义。

2.2 塑料制品性能评价指标

为了全面评价塑料制品的性能，需要建立一系列具体的评价指标。（1）物理性能指标：尺寸稳定性，通过测量塑料制品在不同条件下的尺寸变化来评估其尺寸稳定性。密度，使用密度计测量塑料制品的密度，以了解其质量分布和重量。硬度，使用硬度计测量塑料制品的硬度，反映其抵抗外界机械作用的能力。透明度，通过透光率测试仪测量塑料制品的透明度，评估其在光学应用中的表现。（2）化学性能指标：耐腐蚀性，将塑料制品置于特定腐蚀介质中，观察其表面和内部的变化，评估其耐腐蚀性。耐溶剂性，将塑料制品浸泡在特定溶剂中，观察其溶解、溶胀或变色情况，评估其耐溶剂性。抗氧化性，通过加速老化试验或长期暴露试验，评估塑料制品在氧气作用下的性能变化。（3）热性能指标：热

变形温度，在特定负荷下，测量塑料制品发生明显变形的温度。熔融温度，使用热重分析仪或差示扫描量热仪测量塑料制品的熔融温度。热导率，使用热导率测试仪测量塑料制品的热传导能力。（4）电性能指标：导电性，使用电阻率测试仪测量塑料制品的导电性能。绝缘性，通过击穿电压试验或绝缘电阻试验评估塑料制品的绝缘性能。介电常数，使用介电常数测试仪测量塑料制品在电场作用下的介电性能。（5）机械性能指标：拉伸强度，在拉伸试验中，测量塑料制品在断裂前所能承受的最大拉伸应力。压缩强度，在压缩试验中，测量塑料制品在压缩变形达到一定程度时所能承受的压力。弯曲强度，在弯曲试验中，测量塑料制品在弯曲变形达到一定程度时所能承受的弯矩。冲击强度，使用冲击试验机测量塑料制品在受到冲击时的能量吸收能力^[3]。（6）光学性能指标：透光率，使用透光率测试仪测量塑料制品的透光性能。折射率，使用折射仪测量塑料制品的折射率，了解其光学性能。色散，通过色散试验评估塑料制品在光线通过时产生的颜色分散现象。（7）环境适应性指标：温度适应性，将塑料制品置于不同温度环境中，观察其性能变化。湿度适应性，将塑料制品置于高湿度环境中，观察其吸水性和尺寸稳定性。光照适应性，通过光照试验评估塑料制品在长时间光照下的颜色变化和性能稳定性。环保性能，检测塑料制品中的有害物质含量，评估其是否符合环保标准和法规要求。

3 注塑成型工艺参数对塑料制品性能的影响分析

3.1 温度参数对塑料制品性能的影响

在注塑成型工艺中，温度参数是影响塑料制品性能的关键因素之一。温度参数主要包括熔体温度、模具温度和料筒温度等。熔体温度对塑料制品的性能具有显著影响。当熔体温度过高时，塑料材料的流动性增强，有利于填充复杂模具型腔，但过高的温度也可能导致塑料分解，产生气体和杂质，从而影响制品的力学性能和外观质量。相反，熔体温度过低时，塑料流动性差，难以充分填充模具，容易造成制品缺陷，如短射、气泡等。模具温度对塑料制品的冷却速度、尺寸稳定性和表面质量具有重要影响。较高的模具温度可以延长塑料在模具内的冷却时间，有利于制品内部应力的释放和尺寸的稳定，但也可能导致制品表面出现光泽度降低、粘模等问题。较低的模具温度则能加快冷却速度，提高生产效率，但过快的冷却可能导致制品内部应力增大，引起翘曲、变形等缺陷。料筒温度的设置对塑料的塑化和熔融过程至关重要。料筒温度过低，塑料难以充分熔融，影响塑化效果和制品质量；料筒温度过高，则可能导致塑

料在料筒内分解,产生有害气体和杂质,料筒温度的不均匀分布还可能导致制品出现色差、条纹等外观缺陷。

3.2 压力参数对塑料制品性能的影响

注塑成型中的压力参数主要包括注射压力、保压压力和背压等,这些压力参数对塑料制品的性能同样具有重要影响。注射压力决定了塑料熔体填充模具的速度和效率,较高的注射压力有利于熔体快速、充分地填充模具型腔,减少制品缺陷,提高制品的致密度和力学性能。过高的注射压力也可能导致模具过度磨损、制品飞边等问题。相反,注射压力过低时,熔体填充不足,容易造成制品短射、气泡等缺陷。保压压力对制品的密度、尺寸稳定性和内部应力分布具有重要影响。在熔体填充模具后,保持一定的保压压力可以补偿塑料的收缩,提高制品的密度和尺寸稳定性。保压压力还有助于减少制品内部的残余应力,降低翘曲和变形的风险。过高的保压压力可能导致制品过盈配合、应力集中等问题。背压对塑料的塑化和熔融过程具有重要影响。适当的背压可以提高塑料在料筒内的剪切作用和混合效果,有利于塑料的均匀熔融和塑化,背压还可以减少熔体中的气体含量,提高制品的力学性能和外观质量,过高的背压可能导致料筒和螺杆磨损加剧,降低生产效率。

3.3 时间参数对塑料制品性能的影响

注塑成型中的时间参数主要包括注射时间、保压时间、冷却时间和周期时间等,这些时间参数对塑料制品的性能同样具有重要影响。注射时间决定了熔体填充模具的速度和效率,较短的注射时间有利于提高生产效率,但可能导致熔体填充不足,造成制品缺陷。相反,过长的注射时间虽然有利于熔体充分填充模具,但可能增加制品的收缩率和内部应力。保压时间对制品的密度、尺寸稳定性和内部应力分布具有重要影响。适当的保压时间可以补偿塑料的收缩,提高制品的密度和尺寸稳定性。过长的保压时间可能导致制品内部应力增大,引起翘曲、变形等缺陷。保压时间的延长还会增加生产成本,冷却时间对制品的固化速度、尺寸稳定性和力学性能具有重要影响。较长的冷却时间有利于制品充分固

化,提高尺寸稳定性和力学性能^[4]。过长的冷却时间会降低生产效率,增加生产成本。相反,过短的冷却时间可能导致制品内部未完全固化,引起翘曲、变形等问题。周期时间是注塑成型工艺中整个生产流程所需的时间,它直接影响了生产效率。

3.4 流量参数对塑料制品性能的影响

注塑成型中的流量参数主要包括注射速率、熔体流量等,这些流量参数对塑料制品的性能同样具有重要影响。注射速率决定了熔体填充模具的速度和效率,较高的注射速率有利于熔体快速、充分地填充模具型腔,减少制品缺陷,提高制品的致密度和力学性能。过高的注射速率可能导致模具过度磨损、制品飞边等问题。注射速率的快慢还会影响制品的内部应力分布和翘曲变形情况。熔体流量是注塑机在注射过程中单位时间内输出的熔体量。熔体流量的稳定性对制品的质量具有重要影响。不稳定的熔体流量可能导致制品出现重量不均、尺寸变化等问题。

结束语

注塑成型工艺参数对塑料制品性能的影响不容忽视。通过精确调控各项工艺参数,不仅能够有效提升塑料制品的力学性能、尺寸稳定性和表面质量,还能显著降低生产成本,提高生产效率。本研究通过对注塑成型工艺参数的深入分析和优化,为塑料制品行业的技术创新和产业升级提供有力支撑。未来,随着科技的进步和市场的变化,注塑成型工艺参数的研究将继续深化,为塑料制品行业的持续健康发展注入新的活力。

参考文献

- [1]陈建华,王静.注塑工艺参数对高分子制品性能的影响研究[J].高分子材料科学与工程,2018,34(4):62-68.
- [2]李涛,张璐.高分子材料注塑工艺参数优化及其应用[J].材料导报,2021,35(5):112-119.
- [3]赵晓东.复合增塑剂对塑料性能影响研究.高分子材料科学与工程,2021,37(5):72-78.
- [4]李翠芬.新型环保增塑剂的开发与应用.环境科学与管理,2020,45(2):58-62.