

Research on Optimization of Medical Polypropylene Bottle Embryo Injection Molding Process Based on Orthogonal Experiment

Li Sun Xinsheng Du

Research Institute of PetroChina Lanzhou Petrochemical Company, Lanzhou, Gansu, 730060, China

Abstract

This article is based on orthogonal experiments and analyzes the influence of various factors on the wall thickness of polypropylene infusion bottles to study the injection molding process of medical polypropylene bottle preforms. The results show that the factors affecting the injection molding of medical polypropylene bottle preforms are, in order: main channel temperature, melt adhesive time, holding pressure, filling time, and melt adhesive pressure. Orthogonal experiments showed that the preform obtained at a main channel temperature of 220°C, melt adhesive pressure of 115MPa, melt adhesive time of 1.8s, holding pressure of 45MPa, and filling time of 8.5s had good wall thickness uniformity. The average wall thickness of polypropylene preforms prepared using the optimal process parameters is 12.445-12.447mm, with a pass rate of 94.6%-96.1%. Compared with preliminary debugging, the pass rate has increased by 3.5%, and the average wall thickness has decreased by 0.03mm, thus meeting the requirements for bottle blowing. Comparative experiments were conducted using medical grade polypropylene R530A and RP260. Among the preforms prepared from the two types of medical grade polypropylene, RP260 and R530A showed similar effects.

Keywords

medical polypropylene; orthogonal experiment; bottle embryo; optimization; injection molding process

基于正交试验的医用聚丙烯瓶胚注塑工艺优化研究

孙莉 杜新胜

中国石油兰州石化公司研究院, 中国·甘肃 兰州 730060

摘要

本文基于正交试验,通过分析各因素对聚丙烯输液瓶壁厚影响,研究了医用聚丙烯瓶胚的注塑工艺,结果表明,影响医用聚丙烯瓶胚注塑因素依次为:主流道温度、熔胶时间、保压压力、填充时间、熔胶压力。正交试验表明,在主流道温度为220°C、熔胶压力为115MPa、熔胶时间为1.8s、保压压力为45MPa、填充时间为8.5s时得到的瓶胚具有较好的壁厚均匀度。使用最佳工艺参数制备的聚丙烯瓶胚平均壁厚为12.445-12.447mm,合格率达到94.6%-96.1%,与初步调试相比较,合格率提高3.5%,平均壁厚减小了0.03mm,从而使瓶胚达到吹瓶要求。采用医用聚丙烯 R530A、RP260进行对比试验,两种医用聚丙烯制备的瓶胚中,医用聚丙烯RP260和R530A制备的瓶胚效果比较接近。

关键词

医用聚丙烯; 正交试验; 瓶胚; 优化; 注塑工艺

1 引言

聚丙烯(PP)输液瓶因具有较轻的质量、良好的密封性、便于保存及运输等特点,在医用领域已将玻璃输液瓶逐渐取代^[1]。目前,各大医院采用聚丙烯输液瓶对医用液体进行配置、盛装已比较普遍。输液瓶瓶胚是聚丙烯输液瓶在进行吹塑成型之前的毛胚件[2]。注塑成型在塑料成型中是一种常见的加工手段,通过优化注塑工艺参数,可得到高质量塑件。注塑成型的优点是效率十分高,可实现生成自动化,并能生

产形状比较复杂的产品,且塑料制品具有较高的精度,易实现产品更新换代^[3]。医用聚烯烃树脂产品可制备安瓿瓶及输液瓶,对于医用聚烯烃产品来说,医用聚烯烃树脂重要的质量指标之一是卫生性能^[4]。医用聚烯烃输液瓶的优点是质量较轻,具有非常优良的密封性,方便运输,同时保存方便等,目前已经将玻璃输液瓶逐渐取代。

当前,通过注塑成型工艺,可生产加工输液瓶瓶胚。在成型聚丙烯瓶胚中,熔体温度属于一个比较重要的参数,选取适当的熔体温度,可确保瓶胚具有一定的透明度^[5]。在注塑成型中,非常关键的一点是成型工艺参数的选择,其会对聚丙烯制品的成本、质量、生产效率产生直接影响。在实际生产中,对于给定的某一成型设备及聚丙烯树脂,可通过

【作者简介】孙莉(1979-),女,中国甘肃兰州人,本科,政工师,从事聚烯烃树脂检测研究。

先将温度逐渐降低,在瓶胚有雾状开始出现时再将温度提高,最佳的熔体温度就是刚好能成型出透明瓶胚时的温度^[6]。由于熔体快速冷却,迅速通过结晶温度区,可得到透明的瓶胚^[7]。在熔体缓慢冷却后,可获得低透明度瓶胚。在短时间内,为使温度高的熔体进行冷却固化,要求瓶胚模的冷却能力要较高,可通过冷却水进行调节。模具冷却水温选取的范围为10℃-15℃,这样得到的瓶胚具有较好的透明度^[8]。因此,本文基于正交试验,通过分析各因素对聚丙烯输液瓶壁厚影响,研究了医用聚丙烯瓶胚的注塑工艺。

2 实验材料及设备

2.1 实验材料

医用聚丙烯 RP260(兰州石化公司乙烯厂),工业品;韩国晓星医用聚丙烯,牌号 R530A,工业品。

2.2 实验主要仪器设备

160 SekII 伺服节能注塑机(东华机械有限公司);LGB-3L 半自动吹瓶机(台州市黄岩朗格机械模具有限公司);NTGM-1.0/30H 冷冻式压缩空气干燥机(临安市诺顿机电有限公司);JLSF-10HP 冷水机(东莞市加立晟制冷设备有限公司);偏心仪(成都联余精密模具有限公司)。

3 聚丙烯瓶胚注塑成型工艺的正交试验设计

聚丙烯瓶胚成型中,熔体温度的选择会对瓶胚的透明度造成影响,实际生产中,在进行确定合适熔体温度时,可通过降低温度,在瓶胚出现雾状时提高温度来提高瓶胚的透明度,从而获得理想的熔体温度。在充模初始短时间内,通过高注射压力可稳定充模过程,注射以低压力进行,这样可得到的效果较好。在进行热流道设计时,流动平衡是熔体将各个型腔以相同压力降、流率、时间均匀充满。在进行熔体充模时,如果喷嘴应与低温瓶胚模具紧贴,这会降低熔体温度,从而会对瓶胚底部透明度造成一定的影响。熔体缓慢冷却,则得到较低透明度的瓶胚。在熔体温度较高时,短时间内为使其冷却固化快速进行,要求瓶胚模具具有较高的冷却能力,可通过冷却水调节,模温过低会使模腔形成水珠,从而会对瓶胚性能、成型性能造成影响。

影响聚丙烯瓶胚的因素包括熔胶压力、主流道温度、保压压力、熔胶时间、填充时间。本实验在参考四川科伦药业有限公司瓶胚注塑条件和本装置的实际情况,确定影响聚丙烯瓶胚工艺以及壁厚的主要因素取值范围如下:主流道温度(200~240℃)、熔胶压力(100~140MPa)、熔胶时间(1.0~2.0s)、保压压力(20~60MPa)、填充时间(5~10s)。

3.1 注塑成型正交试验指标的确定

聚丙烯瓶胚注塑成型过程中,在设计正交试验时,先明确优化提升聚丙烯瓶胚注塑成型质量的试验目,从而确定相关评价指标,并通过注塑成型得到输液瓶瓶胚,由于壁厚对瓶胚的影响较大,因而,本文选取壁厚作为此次正交试验评价指标。通过实验对各工艺参数影响瓶胚注塑成型指标进

行分析。

3.2 试验各因素水平的确定

通过调整工艺参数,在注塑成型过程中提高注塑成型质量,对注塑成型质量影响的主要因素是工艺参数。通常情况下,注塑成型的工艺参数主要包括时间、压力、温度等。在聚丙烯瓶胚生产制造过程中瓶胚的质量直接关系到后续加工的质量,衡量聚丙烯瓶胚质量中最关键的指标之一就是聚丙烯瓶胚的壁厚以及均匀度。聚丙烯瓶胚的瓶身部分壁厚应保持均匀一致,为使型胚从模具中容易脱出,型胚壁厚应保持均匀。本文选取五个工艺参数作为正交试验因素,分别为主流道温度 A、熔胶压力 B、熔胶时间 C、保压压力 D、填充时间 E。假设这五个工艺参数之间没有交互作用存在,为使获得的工艺参数组合达到最佳,正交试验选取五因素五水平。

3.3 正交试验因素及水平

采用 160 SekII 伺服节能注塑机,通过分析对聚丙烯瓶胚壁厚产生影响的注塑工艺参数,使用正交试验进行极差分析、方差分析,从而得到各因素较优组合及聚丙烯瓶胚壁厚。选取主流道温度、熔胶压力、熔胶时间、保压压力、填充时间作为试验影响因素,分别记为 A、B、C、D、E。其中主流道温度 A:主流道温度各水平取值为 200℃、210℃、220℃、230℃、240℃。熔胶压力 B:熔胶压力各水平取值为 105MPa、115MPa、125MPa、135MPa、140MPa。熔胶时间 C:熔胶时间各水平取值为 1.1s、1.4s、1.6s、1.8s、2.0s。保压压力 D:保压压力各水平取值为 25MPa、35MPa、45MPa、55MPa、60MPa。填充时间 E:填充时间各水平取值为 5.5s、6.5s、7.5s、8.5s、9.5s。

本试验不考虑各因素间的交互作用。

4 试验结果与讨论

4.1 聚丙烯瓶胚的正交试验结果分析

根据本试验确定的主要影响因素及水平,试验使用 $L_{25}(5^5)$ 正交表进行,分别对不同因素水平的试样进行分析,每个因素水平生产聚丙烯输液瓶胚 50 只,并对其壁厚进行测试,取平均值,采用极差分析法选择影响显著的因素为最佳水平。

通过正交试验,可得到聚丙烯瓶胚注塑成型的各工艺参数组合结果,在各个水平下,正交试验的每个因素最大值平均值和最小值平均值的差值就是极差。对各评价指标而言,各因素极差存在差异,这表明在实试验时,各因素对某一评价指标具有不同的影响。在极差数值越大时,则该试验因素影响其对应的评价指标越大,相应评价指标会随该因素数值的变化发生较大改变;反之,该试验因素影响则越小。本文对聚丙烯瓶胚注塑成型正交试验的壁厚进行极差分析,从而获得聚丙烯瓶胚壁厚最佳工艺参数组合,即 A3B2C4D3E4。也就是主流道温度为 220℃、熔胶压力为 115MPa、熔胶时间为 1.8s、保压压力为 45MPa、填充时间

为 8.5s 时瓶胚具有较好的壁厚均匀度。在聚丙烯瓶胚注塑成型中,各工艺参数对壁厚的影响大小顺序为:主流道温度>熔胶时间>保压压力>填充时间>熔胶压力。

4.2 较优方案的重复性试验

为验证组合参数的科学性和合理性,采用正交试验得到的较优方案做重复试验并取平均值,其中共进行 5 组实验,每组实验参数均相同,且每组共注塑瓶胚 20 个,对瓶胚平均壁厚和合格率进行计算,表 1 为较优方案的重复性试验结果。

表 1 较优方案的重复性试验结果

Tab 1 Final verification test data table

试验序号	平均壁厚/mm	合格率/%
1	12.447	94.6
2	12.446	94.9
3	12.446	95.3
4	12.445	96.1
5	12.447	95.2

由表 1 试验数据知,采用最佳工艺参数,试验制备的聚丙烯瓶胚的平均壁厚为 12.445-12.447mm,合格率达到 94.6%-96.1%,与初步调试相比较,合格率提高 3.5%,平均壁厚减小了 0.03mm,从而使瓶胚达到吹瓶要求。采用最佳工艺条件得到的输液瓶见图 1 所示。



图 1 采用最佳工艺条件得到的瓶胚

Fig 1 Bottle preforms obtained under optimal process conditions

5 同类产品对比研究

本研究采用医用聚丙烯 R530A、医用聚丙烯 RP260 进行对比试验。对两种医用聚丙烯进行瓶胚注塑。图 2 为医用聚丙烯 RP260、R530A 两种原料制备的瓶胚。

从图 2 可以看出,两种医用聚丙烯制备的瓶胚中,医用聚丙烯 RP260 和 R530A 制备的瓶胚效果比较接近。



(a)医用聚丙烯RP260

(b)医用聚丙烯R530A

图 2 同类产品瓶胚对比

Fig 2 Comparison of similar product preforms

6 结论

本文基于正交试验,通过分析各因素对聚丙烯输液瓶壁厚影响,研究了医用聚丙烯瓶胚的注塑工艺,得到结论如下:

影响医用聚丙烯瓶胚注塑因素依次为:主流道温度、熔胶时间、保压压力、填充时间、熔胶压力。正交试验表明,在主流道温度为 220℃、熔胶压力为 115MPa、熔胶时间为 1.8s、保压压力为 45MPa、填充时间为 8.5s 时得到的瓶胚具有较好的壁厚均匀度。

使用最佳工艺参数制备的聚丙烯瓶胚平均壁厚为 12.445-12.447mm,合格率达到 94.6%~96.1%,与初步调试相比较,合格率提高 3.5%,平均壁厚减小了 0.03mm,从而使瓶胚达到吹瓶要求。

采用医用聚丙烯 R530A、RP260 进行对比试验,两种医用聚丙烯制备的瓶胚中,医用聚丙烯 RP260 和 R530A 制备的瓶胚效果比较接近。

参考文献

- [1] 陈妍.注塑成型工艺参数的优化研究进展[J].合成树脂及塑料,2020,37(3):87-90.
- [2] 张雪芹,郎笑梅,薛山,等.透明聚丙烯结构与性能研究[J].高分子通报,2021(6):144-152.
- [3] 刘义,孙伟,曲国兴,等.薄壁注塑透明聚丙烯专用料的结构与性能分析[J].中国塑料,2022,36(7):37-44.
- [4] 马帅,付作财,冯琦.Unipol聚丙烯工艺抗冲共聚聚丙烯生产应用研究[J].塑料工业,2023,51(11):43-49.
- [5] 丁永峰,胡仕杰.基于正交试验的瓶盖注塑成型数值模拟及工艺优化[J].塑料科技,2018,46(7):91-94.
- [6] 钟升辉,薛宏魁,陈强,等.注塑工艺对均聚聚丙烯拉伸性能的影响[J].合成树脂及塑料,2019,36(3):65-69.
- [7] 包璐璐,刘义,韩李旺,等.高熔体流动速率薄壁注塑聚丙烯专用料的结构与性能分析[J].中国塑料,2021,35(12):27-31.
- [8] 郭飞,汪汝健,张云,等.塑料注射成型工艺参数优化的模糊规则网络模型[J].机械工程学报,2022,58(20):206-220.