

基于正交实验法的气体辅助注射成型工艺参数优化

张金标 张夕琴

(常州机电职业技术学院,常州 213164)

摘要 以 CD 机体盖为例,以 Moldflow 作为主要分析研究工具,考察了气体辅助注射成型时制件的气体穿透长度和气指效应情况。以熔体的预注射量、气体延迟时间、熔体注射温度、注气压力等为关键工艺因素,采用正交实验法,利用 Moldflow 对正交实验方案进行模拟试验,得到不同工艺因素对气体穿透长度、气指效应的影响情况,并确定了最佳工艺参数组合。

关键词 气体辅助注射成型 正交实验法 工艺参数 CAE

气体辅助注射成型是一种新型的塑料成型方法,能通过填充气体和气体保压来消除传统注射成型中一些无法解决的制件缺陷,因而气体辅助注射成型技术应用领域越来越广,有望成为塑料加工领域中广泛应用的新兴成型技术^[1]。

目前国内大部分企业仍过分依赖传统注射成型技术,但越来越多的企业已计划引进气体辅助注射成型技术以生产高质量制件。由于气体辅助注射成型技术较之传统注射成型技术要复杂得多,制件结构、模具结构、工艺参数等因素都可能导致不同的成型品质,目前大多数企业还不能很好地应用该技术。因此,开展基于 CAE 技术的气体辅助注射成型技术工艺参数优化研究十分迫切。

1 正交实验法概述

正交实验设计适用于多因素、多水平和具有随机误差的各种实验,它是解决多因素实验问题的有效统计方法。通过对正交实验结果分析,可以确定各因素及其交互作用对实验指标影响的主次关系,从而找出最优工艺条件或最佳组合方案^[2]。直观分析法(极差法)是分析实验结果的常用方法,其简单易懂、实用性强、计算量小、应用广泛。进行正交实验设计时应注意以下事项:

(1) 实验方案设计

针对要解决的问题确定相应的实验因素和实验目标。可以从实验结果中筛选出对实验目标影响较大的实验因素,如果实验因素太少,则会使实验太片面,而且容易产生不正确的实验结果。

(2) 实验结果计算与分析

结果计算中要计算的内容有两个:一是计算每一因素在各水平下的指标结果之和;二是计算每一因素在各水平下结果之和的极差。极差的大小说明相应因素作用的大小。极差大,说明该因素是活泼

的,其变化对结果的影响很大。反之则说明该因素是保守的,其变化对结果的影响较小。

气体辅助注射成型制件的缺陷指标有多个,因此实验为多指标实验。在多指标实验中,各指标之间存在一定的制约关系,应找出兼顾各指标的工艺参数组合。多指标综合平衡分析是根据各指标的实验结果计算每一因素在各水平下结果之和、各水平下结果之和的极差,分别找出各个指标最优或较优的工艺参数,然后将这些工艺参数综合平衡,找出基本能兼顾各指标的优化工艺参数^[3]。

2 气体辅助注射成型数值模拟优化

2.1 关键因素及指标的确定

由于气体辅助注射成型工艺相对于传统注射成型工艺复杂,工艺参数的变化对制件的成型质量更加敏感,因此在应用过程中经常会因为工艺参数选择不当而造成制件的一些缺陷。

评定气体辅助注射成型制件质量的指标主要是制件的气体穿透长度、气指效应等,除此之外还有制件是否有短射、迟滞痕、气穴、吹穿、融合纹等缺陷;气体辅助注射成型工艺参数的确定除要正确认识传统注射成型工艺参数对注射成型的影响外,更应着重进行气体辅助注射成型技术专有的工艺参数的确定和应用,如熔体的预注射量、气体延迟时间、注气压力、气体注射的保压时间等^[4]。

笔者将气体穿透长度、气指效应作为正交实验的指标,其它指标可进行模拟试验或在试验完成后通过实际情况判断;综合考虑实际生产情况,固定模具温度不变,着重研究气体辅助注射成型过程中熔体的预注射量、气体延迟时间、注气压力和熔体注射温度 4 个工艺因素对制件质量的影响。

2.2 试验模型及正交实验方案设计

(1) 试验模型

图1 示出 CD 机体盖的试验模型。该制件为外壳结构件,对外观有较高要求,为保证结构强度和外形美观,在下平面边缘采用气体辅助成型气道结构,所用材料为台湾奇美公司的牌号为 PA - 709A 的(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)。



图1 CD 机体盖模型

(2) 正交实验方案设计

据上所述,对确定的预注射量、注射气体的延迟时间、注气压力和熔体温度 4 个因素设置 3 个水平,选用 $L_9(3^4)$ 正交表。正交实验方案见表 1。

表 1 正交实验方案

编号	预注射量(A) / %	熔体温度(B) / °C	延迟时间(C) / s	注气压力(D) / MPa
1	96	210	0	13
2	96	240	1.5	20
3	96	270	3	27
4	98	210	1.5	27
5	98	240	3	13
6	98	270	0	20
7	100	210	3	20
8	100	240	0	27
9	100	270	1.5	13

2.3 模拟及优化

(1) 方案准备

创建模型有限元网格 应用 Moldflow MPI 软件创建制件模型的有限元网格,包括三角形网格及面向气道的柱状网格,对所创建网格进行相应的诊断及修正。

材料设定 从 MPI 材料库中选用台湾奇美公司的 ABS,并根据 ABS 的 PVT 数据(见图 2)等来确定材料参数。

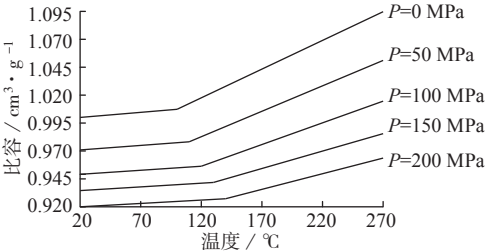


图 2 ABS 的 PVT

快速浇口分析 浇口位置分析结果见图 3。

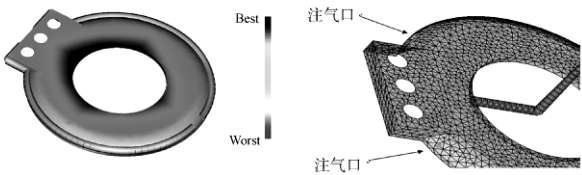


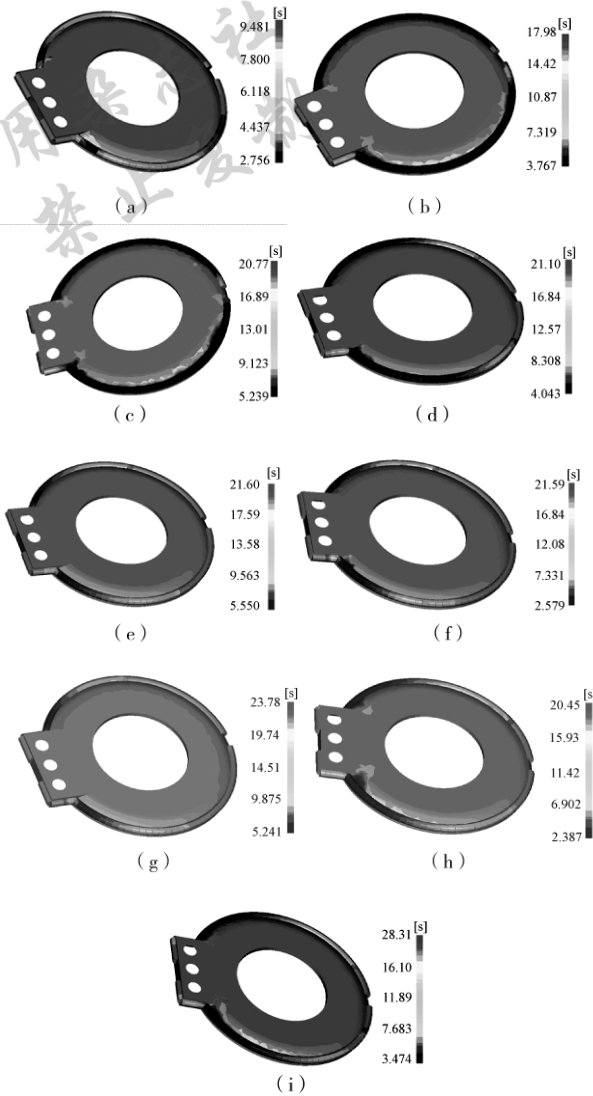
图 3 浇口位置分析及注气口示意图

Molding Window 及快速充填分析 进行初步成型工艺及流动分析,观察分析结果。

工艺参数设定 根据注气口设计的一般原则及制件的具体特点,确定注气口的位置,见图 3。进行相关工艺参数的设定。

(2) 模拟结果及分析

据表 2 正交实验方案进行 9 次模拟试验,结果见图 4,其气体穿透长度及气指效应情况列于表 3。



a ~i 分别对应正交实验方案 1 ~9 的模拟结果

图 4 模拟结果

对表 3 所列试验结果进行统计分析, 得到各因素在不同水平下的气体穿透长度之和, 结果见表 4。同理得到各因素在不同水平下的气指效应之和, 结果见表 5。

项目	编号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
穿透长度/mm	195.69	231.27	243.13	183.83	136.39	136.39	118.60	195.69	213.48
气指效应 ¹⁾	2	4	5	3	1	2	1	5	4

注: 1) 气指效应 1、2、3、4、5 表示其严重程度, 1~5 为从轻到重。

因素	水平			极差
	1	2	3	
A	670.09	456.61	527.77	213.48
B	498.12	563.35	593.00	94.88
C	527.77	628.58	498.12	130.46
D	545.56	486.26	622.65	136.39

因素	水平			极差
	1	2	3	
A	11	6	10	5
B	6	8	11	5
C	9	11	7	4
D	7	7	13	6

根据表 4、表 5 所列分析结果, 作图分析各因素在不同水平情况下对气体穿透长度及气指效应的影响, 结果见图 5、图 6。

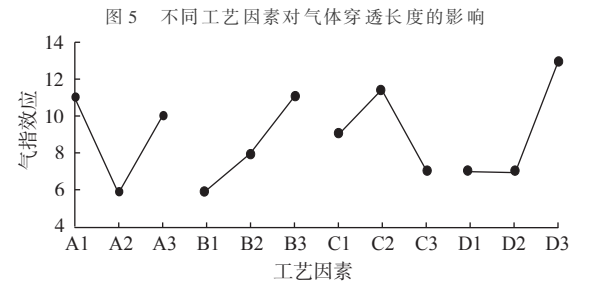
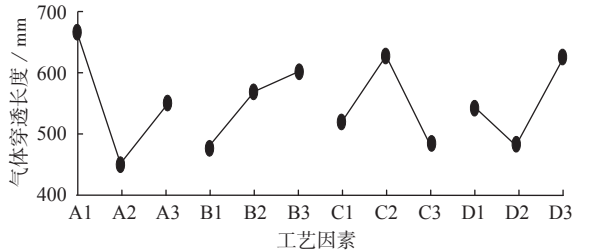


图 6 不同工艺因素对气指效应的影响

各因素在提高气体穿透长度、减少气指效应的趋势上应同步, 但从图 5、图 6 可以看出, 各因素曲线之间存在趋势交叉, 说明 A、B、C、D 因素存在较严重的交互作用, 全面考察各因素的交互作用对指

标的影响, 将是笔者需进一步研究的方向。

由表 4 可以看出, 不同工艺因素对气体穿透长度的影响程度不一样, 按重要程度大小排序为: 预注射量 > 注气压力 > 延迟时间 > 熔体温度。由图 5 得到的最佳工艺参数组合为: A1B3C2D3。

由表 5 可以看出, 不同工艺因素对气指效应的影响程度也不一样, 按重要程度大小排序为: 注气压力 > 预注射量 > 熔体温度 > 延迟时间。由图 6 得到的最佳工艺参数组合为: A2B1C3D2。

对于多指标情况下的最佳工艺参数组合, 需进一步根据制品要求、工艺情况及成本效益进行综合分析: 从减少塑料用量方面考虑, A1、A2 中选择 A1; 取 B3、B1 的中间值 B2; 从考虑尽量缩短周期方面考虑, 从 C2、C3 中选择 C2; 从降低注气压力方面考虑, 从 D3、D2 中选择 D2, 因而确定优化后的工艺组合为 A1B2C2D2。对该工艺组合进行成型模拟, 部分模拟结果见图 7。

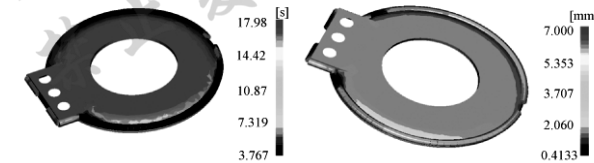


图 7 工艺优化后气体穿透长度及气指效应模拟结果

对模拟结果进行分析, 可以判断气体穿透长度和气指效应都达到了最佳的工艺指标, 从而实现了工艺参数优化的目的。

3 结语

以 CD 机体盖为例, 采用正交实验法, 应用 CAE 技术, 进行了气体辅助注射成型关键工艺参数对气体穿透长度及气指效应影响的数值模拟。工艺因素对气体穿透长度的影响按重要程度大小排序为: 预注射量 > 注气压力 > 延迟时间 > 熔体温度; 工艺因素对气指效应的影响按重要程度大小排序为: 注气压力 > 预注射量 > 熔体温度 > 延迟时间。其最佳工艺参数组合为 A1B2C2D2, 即预注射量 96%、熔体温度 240℃、延迟时间 1.5 s、注气压力 20 MPa, 验证结果表明该工艺组合所得到制件的气体穿透长度和气指效应都达到了最佳工艺指标。

参考文献

[1] 肖正明. 气体辅助注射成型数值模拟与工艺优化[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2006.

[2] 王红军. 汽车覆盖件数值模拟关键参数研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005.

[3] 孙荣恒,伊享云.数理统计[M].重庆:重庆大学出版社,2000:109-115.

[4] 袁乐健.气体辅助注射成型模拟工艺参数优化及系统设计[D].武汉:武汉理工大学,2006.

RESEARCH ON PROCESS PARAMETERS OPTIMIZATION OF GAS-ASSISTED INJECTION MOLDING BASED ON ORTHOGONAL TEST METHOD

Zhang Jinbiao, Zhang Xiqin

(Changzhou Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

ABSTRACT The gas penetration degree and figure effect index of parts during gas-assisted injection molding are investigated with CD lip-body plastic part as example and Moldflow as the main analysis tool. The parameter optimization of gas-assisted injection molding based on orthogonal test method is executed with pre-injection volume of melts, gas delayed time, melting injection temperature and gas injection pressure as the key factors. The effects of various factors upon gas penetration degree and figure effect index are determined by Moldflow, and the optimum parameters are confirmed.

KEYWORDS gas-assisted injection molding, orthogonal test method, process parameter, CAE

巴陵石化生产出高纯度环保塑料

国内首套具有自主知识产权的产能为200 t/a的 ϵ -己内酯中试装置近日在巴陵石化公司开车成功,并生产出纯度为99%的合格产品。

该装置的建成投产,为巴陵石化进一步开拓环己酮产品用途,发展精细化工,做精做强做优己内酰胺与环己酮核心业务新增了技术储备。 ϵ -己内酯主要用于生产己内酯、 ϵ -己内酰胺、胶粘剂、弹性体等。作为一种重要的可降解塑料原料,该产品具有良好的生物相容性、无毒性、可生物降解性和渗药性,广泛用于生物医学工程中。同时,由于其良好的环保性, ϵ -己内酯还可用于生产可降解的一次性塑料餐具、高附加值包装材料等。随着人们环保意识的增强, ϵ -己内酯塑料将有望替代现有普通塑料,大量进入一次性包装材料和地膜市场,因而受到国内外广泛关注,市场前景广阔。

根据巴陵石化《2008~2012年发展计划》,公司在中试试验成功后,拟利用自有的环己酮和双氧水原料,建设一套1万t/a的 ϵ -己内酯工业装置。(中化网)

茂名乙烯专用料敲开塑料制品特百惠大门

近日茂名乙烯收到了全球著名的塑料制品厂商特百惠公司对其盒盖专用料DNDA-7120使用的反馈意见,证实该产品达到优等品标准,符合使用要求。这意味着茂名乙烯专用料成功敲开特百惠公司的大门。

DNDA-7120属线型聚乙烯的高附加值产品,吨产品价格不仅高出线型聚乙烯通用料产品近千元,而且市场容量每年也高达7万多吨。但由于该产品对柔软度和气密性均有很高要求,目前国内还不能生产出完全符合要求的产品,全部要从日本进口。2008年底,茂名乙烯利用乙烯限产、装置运行负荷低的机会,在全密度装置成功开发生产了高溶体流动速率、低密度的聚乙烯盒盖专用料DNDA-7120,首批试生产的约500 t产品全部达到优等品标准。(中化网)

我国出台《塑料一次性餐饮具通用技术要求》

近日,中国国家标准化管理委员会发布了国家标准《塑料一次性餐饮具通用技术要求》。本标准规定了塑料一次性

餐饮具定义和术语、分类、技术要求、检验方法、检验规则及产品标志、包装、运输、贮存要求。本标准适用于以各种热塑性材料制作的一次性餐饮具。(中聚网)

巴斯夫新型聚醚砜树脂用于消防头盔面罩

巴斯夫新型聚醚砜树脂 Ultrason E2010 HC 最近延伸应用于一新特殊用途领域。安全设备制造商 PAB 公司使用该材料制成消防员头盔用高耐热面罩。这是这种新型塑料第一次实现商业化生产。

研发成功的消防头盔面罩可经受30 min高达225℃的高温而不会损毁,甚至可以经受1000℃超高温10 s的考验。头盔质量仅1.2 kg,穿戴方便舒适。(中聚网)

天津百万吨乙烯炼化一体化项目年内建成投产

经过两年多的紧张施工,中国石化天津百万吨乙烯炼化一体化工程大型关键设备安装已接近尾声。按照项目总体建设进度要求,全部工程将于今年9月建成并投产。

据介绍,天津百万吨乙烯项目需要安装160余套大型关键设备,其中最大的超过1300 t。大部分设备是在消化吸收当今国际乙烯炼油领域最先进的工艺技术基础上,由中国自主研发、设计制造的,具有完全自主知识产权。初步统计,乙烯工程的国产化率达到78%以上,炼油工程的国产化率超过90%。

作为天津滨海新区纳入国家总体发展战略后,国务院批复天津市的第一个特大型项目,总投资260余亿元的中国石化天津百万吨乙烯炼化一体化工程,2006年6月开工建设,工期3年。项目建成后,天津石化年产乙烯总规模将达到120万t,炼油能力将达到1250万t,每年可生产高质量、高规格、宽覆盖面的石油、石化和化纤产品1200万t。预计年增销售收入400多亿元,带动下游产业及配套工程投资约1000亿元。专家分析,未来天津将充分利用百万吨乙烯炼化一体化项目提供的基础原料,大力发展聚烯烃塑料、聚酯化纤轻纺、炭黑轮胎合成橡胶和精细化工,带动天津传统工业的结构升级,并形成对天津及周边地区较强的产业带动和聚集效益。(中化新网)