

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.07.009

复杂壳体类塑料件气体辅助注射成型工艺参数优化研究*

赖家美¹, 柳和生², 罗章¹, 江雄心¹, 黄兴元¹, 熊爱华²

(1. 南昌大学机电工程学院聚合物成型研究室, 南昌 330031; 2. 上饶师范学院, 江西上饶 334001)

摘要:以21英寸彩电前壳作为研究对象,将Moldflow 2010作为CAE模拟试验平台,以熔体温度、模具温度、熔体注射时间、气体延迟时间、气体压力为关键工艺因素,考察了复杂壳体类塑料件气体辅助注射成型(GAIM)时制件的翘曲变形量和气体穿透情况。以正交试验设计方法为基础,利用遗传算法并结合径向基神经网络建立GAIM工艺参数优化系统,可用于工艺参数组合的快速确定,为GAIM过程中工艺参数优化提供了一种新的求解思路。

关键词:气体辅助注射成型;正交试验;神经网络;遗传算法;工艺参数

中图分类号: TQ320.63

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)07-0036-05

Process Parameters Optimization of Gas-assisted Injection Molding of Complex Shell Parts

Lai Jiamei¹, Liu Hesheng², Luo Zhang¹, Jiang Xiongxin¹, Huang Xingyuan¹, Xiong Aihua²

(1. Polymer Processing Research Lab, School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China;

2. Shangrao Normal College, Shangrao 334001, China)

Abstract: The 21 inches color TV front cabinet is used as an example and Moldflow 2010 software is used for CAE platform. The gas penetration degree and warp effect of parts during gas-assisted injection molding (GAIM) are investigated with melt temperature, mold temperature, melt injection time, gas delayed time and gas injection pressure as the key process parameters. On the basis of orthogonal experimental design, GAIM process parameters optimization system is established by using a hybrid system that combines radial basis function (RBF) neural network with genetic algorithm (GA). It can be used to determine optimum process parameter combination rapidly, and also provides a new solution of process parameter optimization for GAIM.

Keywords: gas-assisted injection molding; orthogonal experimental; neural network; genetic algorithm; process parameter

气体辅助注射成型(GAIM)^[1-2]技术,其原理是利用高压气体在塑料件内部产生中空截面,并利用气体保压代替塑料注射保压,消除制品缩痕,完成注射成型过程。GAIM的工艺过程主要包括塑料熔体注射、气体注射、气体保压三个阶段。它不仅可以达到普通注射成型无法达到的高强度和高表面质量要求,而且具有可以缩短成型周期、节省原材料、提高生产效率和延长模具寿命等优点,为汽车、家电、日用品等的塑料制品加工提供了崭新的应用领域,被誉为注射成型时代的一项划时代的革命^[3-5]。

复杂壳体类零件通常由于功能需要存在局部截面较厚的结构,由于塑料本身的导热性不良造成沿壁厚冷却速度不一致,用传统的注射成型工艺易产生缩痕和翘曲,而使用GAIM技术能够克服这一问题。与传统的注射成型工艺相比,GAIM工艺相关的参数较多,工艺参数的确定是一个相当重要和复杂的过程,它直接对制品的质量产生影响。如何筛选成型过程中重要的工艺参数并优化组合以获得

较好制品质量是目前该领域的一大难题。研究这一课题对企业提高市场竞争力有着重要意义。笔者在试验设计法的基础上,基于混合神经网络—遗传算法(NN-GA)建立了GAIM工艺参数的多目标优化系统,并对工艺参数进行多目标优化。

1 基于NN-GA的GAIM工艺参数优化系统建立

GAIM工艺参数优化系统主要由以下几个部分构成^[6]:最优化数学模型的建立、正交试验获取训练样本、RBF(径向基函数)神经网络模型的建立、遗传算法优化系统的建立和输出结果的检验。GAIM工艺参数优化系统如图1所示。

1.1 最优化数学模型的建立

根据所要优化的目标,先分别对其建立分目标函数,应用加权因子对各分目标函数进行加权组合

* 江西省教育厅青年科学基金项目(GJJ09414)

联系人:柳和生,博士,教授,博士生导师,主要从事聚合物成型加工与模具CAD/CAM/CAE研究

收稿日期:2012-04-28

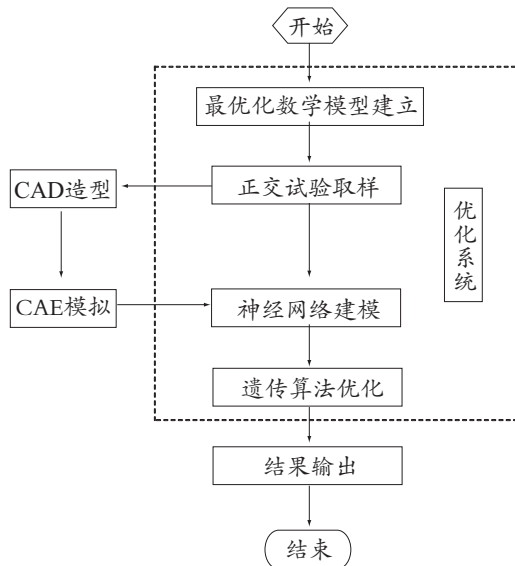


图1 GAIM 工艺参数优化系统图

建立统一的目标函数 S :

$$S = W_1 S_1 + W_2 S_2 + W_3 S_3 \quad (1)$$

式中: W_i ——加权因子;

S_i ——各分目标函数。

在加权组合法中,有两种不同的处理方法:一种是将各目标函数值转化为0~1之间的规格化目标,然后根据各个目标的重要程度用加权因子来组合统一的目标函数;另一种是直接加权,通过选取不同的加权因子值使各目标函数在线性组合中消除数量级上的较大差异^[7]。

寻优的目的是获得使统一目标函数最小的一组设计变量的值。本系统的设计变量为GAIM工艺参数。

1.2 神经网络的建立

RBF神经网络一般由三层组成,与BP网络相比,由于RBF网络的激活函数即高斯函数作用是局部的,因此具有学习速度快的优点。优化问题确定了5个设计变量:熔体温度、模具温度、熔体注射时间、气体延迟时间和气体压力;采用2个性能评价指标:翘曲变形量和气体穿透率。为了建立RBF神经网络模型,将这5个设计变量作为该网络的输入,2个性能指标作为该网络的输出,建立好的RBF神经网络结构如图2所示。

接下来对模型进行训练,当训练结果达到一定的精度以后,经神经网络模型进行检验后,证明了此神经网络的预测是有效、可靠的,可用于下一步的预测之中。

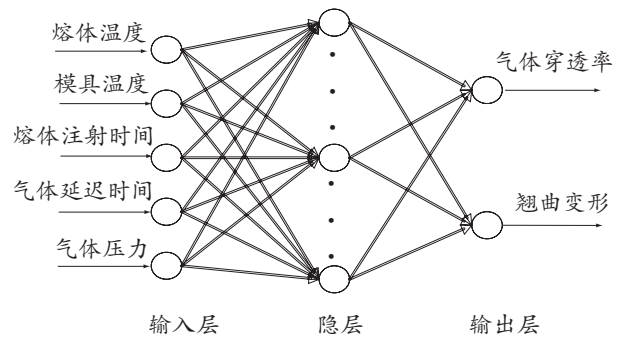


图2 RBF网络模型结构

1.3 遗传算法

遗传算法能够在复杂空间进行全局优化搜索,并具有较强的鲁棒性,且对于搜索空间无需任何限制性的假设(如连续、可微及单峰等),而且较易克服局部最优,避免“指数爆炸”。遗传算法是一种群体性操作,该操作以群体中的所有个体为对象。选择、交叉和变异是遗传算法的三个主要操作算子^[8]。

2 工艺参数多目标优化系统的实现

结合前面建立的神经网络模型对GAIM的预测功能和遗传算法的寻优功能,建立图3所示的NN-GA系统对GAIM工艺参数进行优化,从而确定初始的成型工艺参数^[9]。

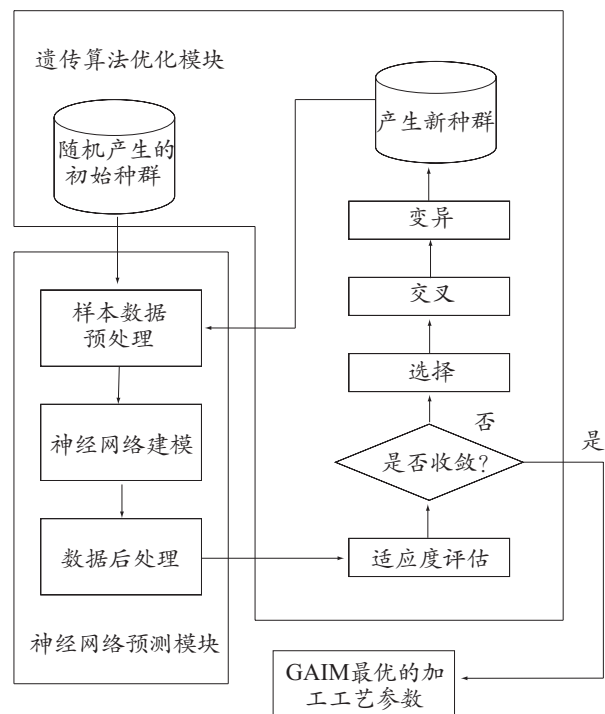


图3 NN-GA 优化系统

3 优化结果和检验

采用Matlab R2008a版软件为该系统的开发平

台,在 Window 7 上实现了 GAIM 工艺参数优化系统。为了方便和简化用户操作,仍用 Matlab 语言开发了 GAIM 工艺参数优化系统的 GUI 界面。各参数设定后运行,优化结果会自动显示在“Result Output”输出栏里,见图 4,最后把上述输出结果输入到前面所建立的神经网络中检验。

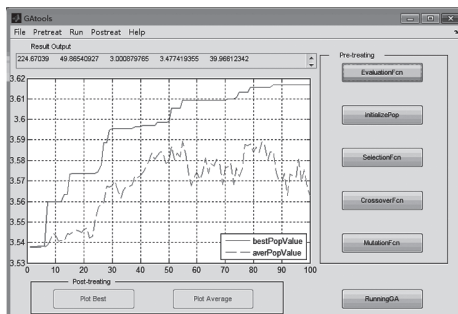


图 4 GAIM 工艺参数优化系统的 GUI 界面和优化运行结果

4 实例验证

4.1 模型的建立

彩色电视机前壳大而且薄,并包含有加强筋、螺纹孔等,属于复杂壳体类零件,笔者以 21 英寸彩电前壳为例,利用 Pro/Engineer 建立彩电前壳的 CAD 实体模型,如图 5 所示。该产品尺寸为 582 mm × 446 mm × 35 mm,壳体厚度为 5 mm,内部加强筋厚度为 3 mm。



图 5 彩电前壳实体模型

将 Pro/Engineer 建立好的 CAD 实体模型转化为 STL 格式,然后导入 Hypermesh 软件中,再抽取中面模型(Midplane)。抽取中面模型后进行三角形网格划分,最终的网格模型如图 6 所示。网格模型处理好后,将模型在 Hypermesh 中保存为 NAS 格式文件导入 Moldflow2010 中再进行 CAE 模拟。材料根据实际生产的情况选取高抗冲聚苯乙烯。

4.2 浇注系统和气道设计

针对彩电前壳设计了三点式浇口,浇注系统的结构如图 7 所示,其中主流道为圆锥形,上端直径为

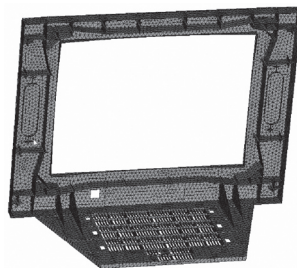


图 6 彩电前壳网格模型

8 mm,下端直径为 12 mm;分流道为圆形,直径为 12 mm;采用潜伏式浇口,前端直径为 4 mm,后端直径为 12 mm。气道的设计是 GAIM 技术中最关键的设计因素之一,气道的设计不仅影响最终制品的质量,而且也影响制品的加工成型过程。为了加速充模速度以及平衡流动,本彩电前壳模型采用三个进气口,具体的气道结构和注气位置如图 8 所示,气道截面设置成等效圆形气道,等效直径为 8 mm,气道总长 $L=2361$ mm。

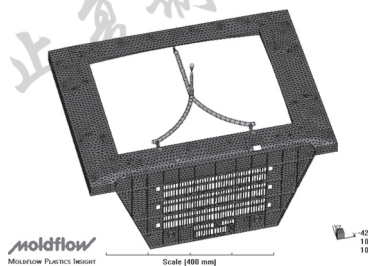


图 7 彩电前壳浇注系统

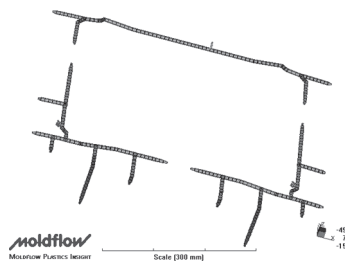


图 8 彩电前壳气道结构

4.3 正交试验

选取制品的翘曲变形和气体穿透情况作为评价指标,根据工艺参数对制品质量的影响选取熔体温度(A)、模具温度(B)、熔体注射时间(C)、气体延迟时间(D)和气体压力(E)5个因素。每个因素选取4个水平,具体设置如表1所示。

表 1 因素与水平设置

水平	A/℃	B/℃	C/s	D/s	E/MPa
1	210	25	1	1	10
2	225	35	2	2	20
3	240	45	3	3	30
4	255	55	4	4	40

针对翘曲变形这个指标利用信噪比(η)来衡量,具体公式如式(2),气体穿透率计算见式(3)。

$$\eta = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

$$P_r = \frac{L - L_p}{L} \quad (3)$$

式中: y_i ——每组工艺参数下的翘曲变形量;

P_r ——气体穿透率;

L ——气道总长;

L_p ——气体未穿透的长度。

通过正交试验和极差分析,可得出 A2B3C3D4E4 这一组较优的工艺参数组合,即熔体温度 225℃,模具温度 45℃,熔体注射时间 3 s,气体延迟时间 4 s,气体压力 40 MPa^[10]。

4.4 工艺参数多目标优化

对制品来说翘曲变形量越小,经信噪比转换后是信噪比值越大越好。对气体在制品气道内的穿透情况是,气体越接近气道的末端越好,即气体穿透率越大越好。将气体穿透率和翘曲变形的目标函数如公式(2)和(3),通过加权得到:

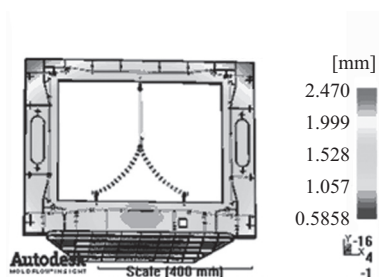
$$S = -0.04 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) + 4 \frac{L - L_p}{L} \quad (4)$$

通过正交试验法得到了 A2B3C3D4E4 这一组较优的工艺参数组合,在这组工艺参数组合的基础上对每个工艺参数的取值进行微调,即熔体温度的范围为 220~235℃,模具温度为 35~50℃,熔体注射时间为 2.4~3.3 s,气体延迟时间为 3.4~4.3 s,气体压力为 25~40 MPa。

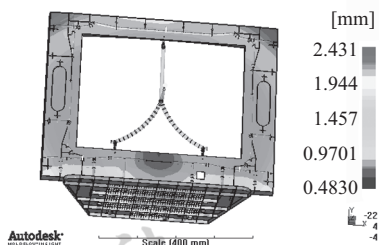
通过 NN-GA 优化系统的计算可以得到一组最优的工艺参数组合,结果可以从 GUI 界面“Result Output”一栏中读出。通过 NN-GA 优化系统得到的最优工艺参数组合为:熔体温度 224.67℃,模具温度 49.86℃,熔体注射时间 3 s,气体延迟时间为 3.48 s,气体压力 39.97 MPa。

为检验 NN-GA 优化系统输出的最佳工艺参数组合的正确性,利用 CAE 分析软件 Moldflow 2010 模拟 21 英寸彩电前壳模型在最佳工艺参数组合下的翘曲变形量和气体穿透率。模拟分析结果见图 9 和图 10。再将上述模拟结果与正交试验设计得到较优组合下的模拟结果^[10]进行比较,结果见表 2。

从表 2 可知,经过 NN-GA 优化系统得到的最优参数组合的制品翘曲变形量为 2.431 mm,比正交试验分析下较优工艺参数组合的 2.47 mm 要小;

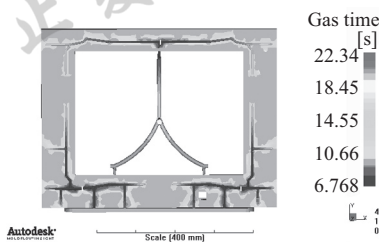


(a)

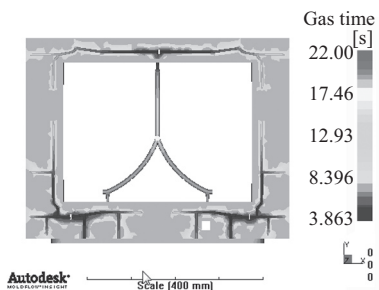


(b)

a—正交试验结果; b—NN-GA 优化结果
图 9 两种优化组合的翘曲变形云图比较



(a)



(b)

a—正交试验结果; b—NN-GA 优化结果

图 10 两种优化组合的气体穿透率云图比较

表 2 两种分析结果比较

项目	正交试验较优组合模拟结果	NN-GA 优化系统最优组合模拟结果
翘曲变形量/mm	2.47	2.431
气体穿透率/%	100	100

两种方法下的气体穿透率都为 100%,说明两种工艺参数组合都能使气体穿透到气道的末端,但 NN-GA 最优组合下的气体渗透薄壁情况较正交试验得到的较优组合有所改善,渗透区域小,即气指程

度小,制品质量好。

上述分析表明了 NN-GA 优化系统在 GAIM 工艺参数优化方面的正确性和可行性。

5 结语

以复杂壳体类塑料件的翘曲变形和气体穿透情况为最终优化目标,成型工艺参数为设计变量,基于 NN-GA 和遗传算法建立了 GAIM 工艺参数的多目标优化系统。此系统可用于确定 GAIM 中的成型参数,初步研究和检验结果表明此方法是先进的、有效的、可行的。

参考文献

- [1] Li C T, Isayev A I. Primary and secondary gas penetration during gas-assisted injection molding part 1 : Formulation and Molding [J]. Polymer Engineering and Science, 2004, 44 (5) : 983—991.
- [2] Li C T, Isayev A I, Lee H S, et al. Primary and secondary gas penetration during gas-assisted injection molding part 2 : Simulation and experiment [J]. Polymer Engineering and Science, 2004, 44 (5) : 992—1 002.
- [3] Jack Avery. 气体辅助注塑成型原理 [M]. 杨卫民, 丁玉梅译. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [4] 丁宏. 气辅注塑成型工艺的研究与应用 [D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
- [5] 欧长劲, 郑子军, 胡如. 气体注射成型工艺参数正交试验 CAE 模拟设定 [J]. 塑料, 2005, 34 (4) : 94—96.
- [6] 赖家美, 柳和生, 包忠诤, 等. 挤出吹塑中空成型工艺参数的多目标优化 [J]. 中国塑料, 2007, 21 (9) : 63—66.
- [7] 卢险峰. 最优化方法应用基础 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2003 : 152—155.
- [8] Holland J H. Adaptation in natural and artificial systems [M]. 2nd. Cambridge : MIT Press, 1992 : 57—102.
- [9] Mok S L, Kwong C K, Lau W S. A hybrid neural network and genetic algorithm approach to the determination of initial process parameters for injection moulding [J]. Advanced Manufacturing Technology, 2001, 18 : 404—409.
- [10] 赖家美, 罗章, 柳和生, 等. 基于正交试验的气辅注射成型工艺参数优化研究 [J]. 工程塑料应用 2011, 39 (11) : 44—47.

巴斯夫拟加强在新兴国家的增长

巴斯夫董事 Michael Heinz 近日表示, 公司将加强在新兴国家的增长, 由此, 巴斯夫计划在 2011~2015 年之间在全球投资 150 亿欧元, 以推动公司的增长。其中, 30%~40% 的投资额投入新兴国家。Heinz 还表示, 未来在新兴国家的投资份额还可能进一步增长: 2016~2020 年之间公司计划投资 150 亿~200 亿欧元, 其中 35%~45% 的投资额投入新兴国家。公司希望借此来应对欧洲疲弱的需求。

Heinz 表示, 由于欧洲债务危机导致的经济不确定性, 使得客户更加谨慎, 继而影响到了巴斯夫的业务发展。而就目前来看, 大幅度的增长将不会来自欧洲, 而是来自亚洲和拉丁美洲。同时, 尽管债务危机仍未解决, 但是公司有信心能够在新兴国家取得强劲增长。(财经网)

罗地亚推出替代解决方案应对 PA12 材料紧缺

为了在目前 PA12 材料供应紧缺的状况下为汽车和制造业尽快提供兼具高性能和经济性的材料解决方案, 苏威集团成员——罗地亚工程塑料正向市场推介其 Technyl® eXten PA610。作为一种替代方案, 其适用于目前 PA12 的各项典型应用。

自 2010 年罗地亚与其客户合作开发 Technyl® eXten PA610 应用以来, 其成功经验表明该材料可以有效替代包括 PA12 在内的长碳链聚酰胺材料。对于许多现有的 PA12 应用而言, 罗地亚带来了一个切实可行的替代解决方案。随着 PA12 的供应持续紧缺, Technyl® eXten PA610 的适时推出显得尤为重要。

“与 PA12 相比, Technyl® eXten 产品能够为客户提供一系列的技术和成本效益优势, 同时还兼具出色的环保性。”

罗地亚工程塑料亚洲市场总监黄浩波表示, “通过与客户的密切合作, 我们有能力为 PA12 的各种不同应用在目前材料供应持续紧张的情况下提供快速解决方案。”

Technyl® eXten 于 2010 年面世, 可用于挤出和注射成型, 特别适于制造汽车及工业用各类软管, 以及玻璃纤维增强注塑部件, 如发动机燃油系统快装接头。另外, Technyl® eXten 部分原料来于生物源, 因此该材料在环保性方面表现优异。

(环聚网)

Sabic 在印度新增多层聚碳酸酯板材挤出生产线

沙特基础创新塑料公司已在位于印度 Vadodara 的工厂投产一条多层聚碳酸酯板材生产线。

新生产线是为了满足这一地区对 Lexan Thermoclear 品牌多层聚碳酸酯板材日益增长的消费需求, 这类材料主要用于建筑施工和温室市场的屋面与玻璃应用中, 公司官员在新闻稿中如是说。总部位于美国马萨诸塞州 Pittsfield 的沙特基础创新塑料在印度清奈举行的印度国际屋顶材料博览会上宣布了这一消息。

该公司南亚区板材和薄膜业务负责人 Sanjiv Vasudeva 在新闻稿中说, 这条生产线“展示了 Sabic 公司如何向全球几乎所有地区提供其广泛的产品组合, 通过缩短交货期和扩大供应让客户从中受益”。

在此次扩能前两年, 沙特基础创新塑料在 Vadodara 工厂安装了两条生产线, 用来生产工业屋面和地铁座椅用的聚碳酸酯板材, 供应给印度本地客户。Vadodara 板材生产厂与沙特基础创新塑料在当地的一座复合生产厂相邻。

沙特基础创新塑料公司是世界大型的聚碳酸酯生产商之一, 隶属于沙特基础工业公司。(中塑在线)