

文章编号: 1001-4934(2006)02-0036-03

工艺参数对注塑制品变形影响的研究

连昌伟, 胡广洪, 王兆远

(上海交通大学 塑性成形工程系, 上海 200030)

摘要: 注塑制品的变形影响产品的最终形状和尺寸精度。通过模拟注塑成型过程, 并结合田口实验设计法, 研究了工艺参数与注塑制品翘曲变形的关系, 得到了优化的工艺参数。在此基础上, 进一步研究了模具温度、熔体温度、注射时间和保压压力等各工艺参数对变形的影响。

关键词: 注塑成型; 翘曲变形; 数值模拟; 参数优化

中图分类号: TG241

文献标识码: B

Abstract: The deflection of injection products influences final shape and dimensional precision. Through the numerical simulation of injection process, and combined with Taguchi experimental method, the relation between processing parameters and the warpage of injection products is studied. The optimal processing parameters are obtained. Based on this, the effects of mold temperature, melt temperature, injection time and holding time on deflection are discussed further.

Key words: injection molding; warpage; numerical simulation; parametric optimization

0 引言

注塑制品的变形影响产品的最终形状和尺寸精度。产品变形的根本原因是收缩不均匀, 而影响收缩的因素主要有材料的性能、冷却均匀性和工艺参数^[1]。为了减小变形, 必须了解各种工艺参数对制品变形的影响。本文采用CAE模拟和田口实验设计法作为研究手段来研究工艺参数对注塑制品变形的影响。

1 数值模拟和田口实验设计技术

注塑CAE一般包括流动分析、保压分析、冷却分析和变形分析等。翘曲变形CAE是其中的一部分, 通过分析可以得到产品最终的形状和尺寸以及变形的成因, 从而可以找出影响翘曲变形的

主要因素^[2~3]。

田口(Taguchi)实验设计法是利用正交表来挑选实验条件和安排实验并进行结果分析的实验设计方法^[4]。工艺参数影响着最终产品的质量, 使用田口实验设计法合理安排工艺参数在不同水平的组合进行实验, 然后对实验结果的分析可以达到参数优化的目的。本文中, 为降低产品的变形量, 需要研究模具温度、熔体温度、注射时间和保压压力等工艺参数对变形的影响。首先使用CAE软件进行模拟预测, 确定适宜的工艺参数的范围, 然后对各个参数选取不同水平得出实验方案的安排, 对每个方案进行模拟得到最后的变形量, 通过结果的分析得到工艺参数对变形量的影响大小和最优的工艺参数组合。

2 实验的设计与结果

收稿日期: 2005-10-18

作者简介: 连昌伟(1982~), 男, 硕士研究生。

2.1 材料和工艺参数

2.1.1 产品模型

本文选用食物盘作为研究算例^[1]。设计要求总的变形量最小，底部四个脚在同一平面内，底部向上的翘曲不高于1.5mm。产品模型、冷却系统和浇注系统见图1。

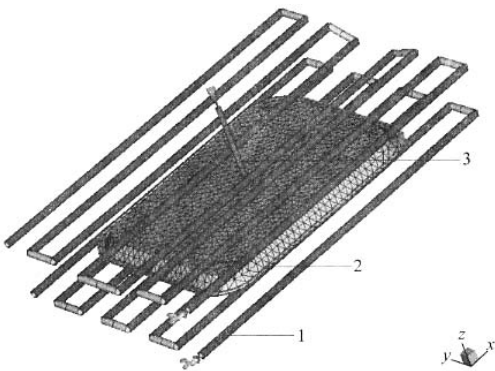


图1 食物盘模型

1. 冷却系统 2. 零件 3. 浇注系统

2.1.2 材料

材料为PP，具体牌号为Honam Petrochemical公司的PopelenHCA-352P。其最大熔体温度为250℃，比热容为3 531J/kg·℃，熔体密度为0.814g/m³。

2.1.3 工艺参数

选取对翘曲影响比较大的模具温度、熔体温度、注射时间和保压压力等工艺参数进行研究。确定冷却系统和浇注系统后，根据材料推荐的参数和初步的模拟结果选取各个工艺参数的水平如表1所示。

表1 工艺参数的水平设置

工艺参数	水平1	水平2	水平3
模具温度/℃	10	20	30
熔体温度/℃	180	210	240
注射时间/s	1	1.5	2
保压压力/MPa	30	40	50

2.2 实验的安排和结果

根据参数和水平的设置，选取四参数三水平的正交表来安排实验。用CAE软件MoldFlow模

拟来代替真实的实验，得到了产品在不同工艺参数设置下的变形结果。定义底部一脚为参考点，底面为参考面，以相对于参考点的最大偏移量作为变形量来考察。实验的安排顺序和结果见表2。

表2 实验的安排和结果

实验序号	模具温度/℃	熔体温度/℃	注射时间/s	保压压力/MPa	变形量/mm
1	10	180	1	30	6.630
2	10	210	1.5	40	4.935
3	10	240	2	50	4.664
4	20	180	1.5	50	4.679
5	20	210	2	30	5.066
6	20	240	1	40	4.884
7	30	180	2	40	5.009
8	30	210	1	50	4.606
9	30	240	1.5	30	5.131

3 分析与讨论

使用田口实验设计法中的变量分析（ANOVA），可以计算出各个工艺参数对变形量的影响次序和最优的工艺参数组合^[5]。

3.1 结果分析及工艺参数优化

对实验结果进行直观分析，可以得到工艺参数对变形的影响效应曲线图如图2所示。通过田口实验设计中的变量分析法可以得到如下结论：

（1）可直观得出各工艺参数对变形量的影响次序由大到小为：保压压力、熔体温度、模具温度、注射时间。

（2）在考察的工艺参数水平的范围内，最优化的工艺参数组合是模具温度20℃、熔体温度210℃、注射时间2s和保压压力50MPa。

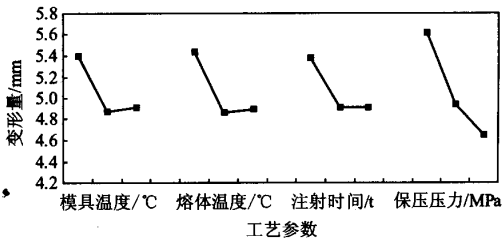


图2 各工艺参数对变形量的影响

3.2 工艺参数优化结果

对优化的工艺参数组合进行模拟,得到优化的结果,相对于参考点的总偏移量最大为4.547mm,总变形量得到了降低。图3为食物盘底部向上方向的偏移量分布,结果显示底部的变形分布均匀,底部向上的翘曲不超过1.5mm。优化的结果符合设计要求。

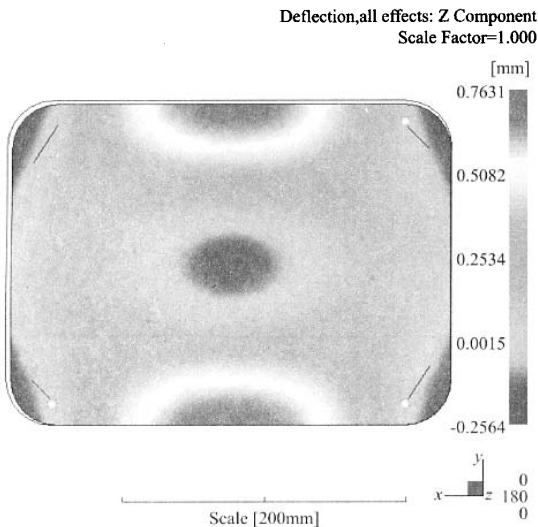


图3 优化工艺参数下的底部变形量

4 各工艺参数对变形的影响研究

为进一步研究各工艺参数对变形的影响,在优化的工艺参数基础上,通过只变动其中某一工艺参数的方法再进行模拟。

4.1 保压压力

选取优化的工艺参数,调节保压压力从25MPa到60MPa进行模拟,得到保压压力对变形的影响如图4所示。由图4可以看出随着保压压力增加,变形量减小。这是因为较高的保压压力使

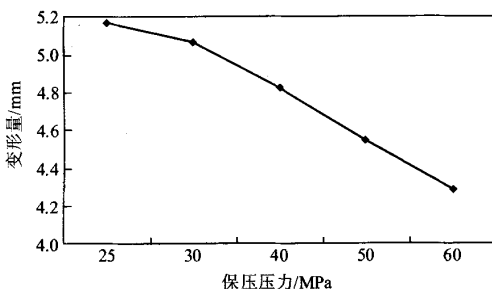


图4 保压压力对变形的影响

充入模腔的塑料增加,从而降低产品的收缩,减小变形。

4.2 熔体温度

选取优化的工艺参数,调节熔体温度从180℃到240℃进行模拟,得到熔体温度对变形的影响如图5所示。熔体温度太低,成型中残余应力大而没有足够的时间释放而引起翘曲变形。熔体温度高易造成体积收缩而产生变形,合适的熔体温度可以减小变形。

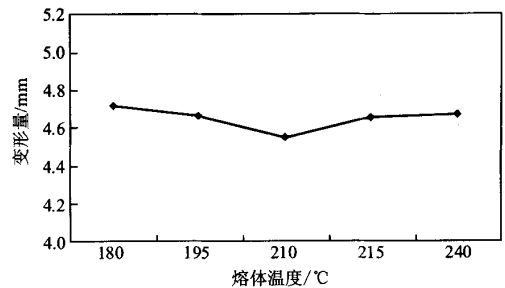


图5 熔体温度变形的影响

4.3 注射时间和模具温度

注射时间和模具温度在考察范围内对变形的影响很小。注射时间短,塑料充模速度快,从而变形小,模具温度提高,可降低残余应力和体积收缩率,但是这两个因素对变形的影响不显著。

5 结论

(1) 田口实验设计法能快速安排实验并分析出优化的工艺参数方案和各参数对注塑制品变形的影响。注塑成型CAE技术可以方便地对注塑过程进行数值模拟,相比真实实验可以大量的节省时间和费用。实验设计和CAE技术结合可以有效的分析研究工艺参数对注塑制品变形的影响关系并优化工艺参数。

(2) 本研究中,材料PP在所考察的工艺参数范围内,保压压力对变形的影响最大,熔体温度次之,注射时间和模具温度的影响很小。

(3) 对于材料PP,在所考察的工艺参数范围内,适当的提高保压压力、选取合适的熔体温度

(下转第55页)

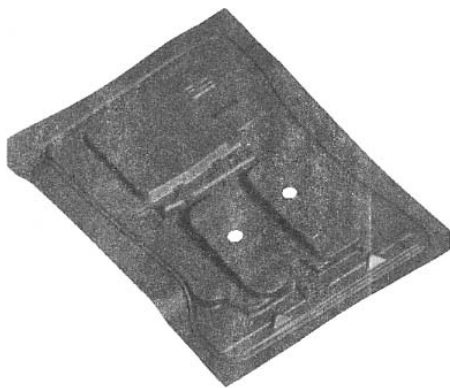


图7 工艺孔的形状及布置

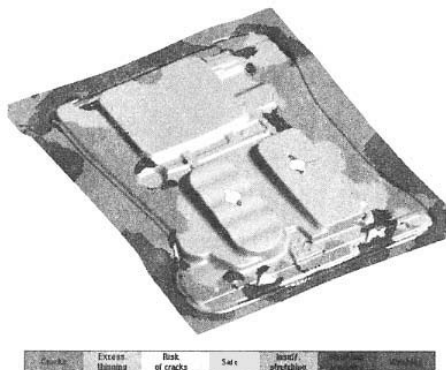


图8 最终仿真结果

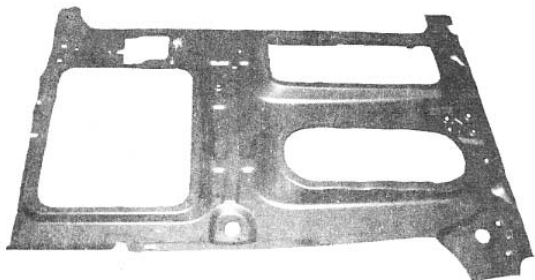


图9 实际生产出的零件图

部分首先和毛坯接触,随着板料向下运动,坯料通过塑性变形沿凹模四周被拉进。当凸模的D部分与板料完全接触成形时,由于进料阻力过大,坯料无法流入,首先在A、B、C的圆角处产生最大的拉应力 σ_{1max} ,该处成为覆盖件最薄弱的部位。

当在零件容易发生局部变形的部位开设了工艺孔后,其具体形状和位置如图7所示。压边力和拉延筋的形状和尺寸都保持不变,再次进行冲压仿真,其结果如图8所示。从图中可以看出,零件冲得比较理想。

依据模拟所提供的工艺参数,实际生产出的零件如图9所示。

4 结论

通过对汽车左侧围内板的多次冲压模拟,定性判断了冲压件的危险区域,并定量地给出了拉延成形过程中的工艺参数,较为准确地预测了整个冲压成形过程中可能出现的起皱、开裂等缺陷,模拟结果为实际生产提供了较好的依据。

参考文献:

- [1] 唐行虎.基于数值模拟的覆盖件冲压成形工艺研究[J].新技术新工艺,2004,(9):38~39.
- [2] 吴建国.工艺切口在汽车覆盖件拉深成形中的应用[J].锻压机械,1999,(5):14~16.

(上接第38页)

可以减小注塑制品的变形;适当的缩短注射时间和提高模具温度也能降低变形,但是影响不大。

参考文献:

- [1] Moldflow Pty. Ltd. Moldflow Plastics Insight Training Manual [M]. Australia: Moldflow Pty. Ltd., 2003.
- [2] 马浩军,胡广洪,阮雪榆.利用Mold Flow软件分析解决注塑件翘曲问题[J].模具技术,2002,(4):55~57.

- [3] 李海梅,刘永志,申长雨,宋刚.注塑件翘曲变形的CAE研究[J].中国塑料,2003,17(3):53~58.
- [4] Montgomery Douglas C. Design and Analysis of Experiments [M]. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [5] 王利霞,张娜,申长雨,李倩.应用Taguchi实验设计法最小化注塑成型制品沉降斑[J].塑料工业,2004,(4):26~28.
- [6] 陈戈,陈建. Moldflow的变形分析及其应用[J]. CAD/CAM与制造业信息化,2003,(3):151~152.