

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.08.011

鼠标外壳模外装饰贴膜技术工艺参数分析^{*}

李志刚, 贾慧芳, 李刚, 王健

(华东交通大学载运工具与装备教育部重点实验室, 南昌 330013)

摘要:以聚丙烯(PP)薄膜材料对鼠标外壳进行模外装饰(OMD)贴膜,采用有限元方法对该成型过程进行模拟仿真,获得了薄膜的厚度分布、应力分布及其在X、Y方向的变形分布。分析了不同工艺参数对鼠标外壳OMD贴膜成型的影响。贴膜工艺的最佳工艺参数为:初始压边力为300 N、加载温度为130℃、真空度为0.02 MPa、高压压强为0.15 MPa。

关键词:模外装饰; 仿真; 工艺参数; 鼠标

中图分类号: TQ317.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)08-0052-04

Analysis of Process Parameters in Mouse Shell Film Pasting Based on Outside Mold Decoration

Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang, Wang Jian

(Key Laboratory of Ministry of Education for Conveyance and Equipment, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Outside mold decoration(OMD) technology was used for mouse shell film pasting with the polypropylene film material. The film thickness distribution, stress distribution and its deforming distribution in X, Y direction were obtained when the forming process was simulated with finite element method. The influences of different process parameters on mouse shell film pasting based on OMD were analysed. The best process parameters which are that initial force of blank holder is 300 N, loading temperature is 130℃, vacuum is 0.02 MPa, high pressure is 0.15 MPa were obtained.

Keywords: outside mold decoration; simulation; process parameters; mouse

传统的模内装饰(IMD)只能应用于塑胶产品上,基材较为单一,另外,注塑需要高温高压环境,对工艺要求较高。基于以上问题,产生了模外装饰(OMD)技术。OMD技术是IMD技术的延伸,是指在模具外将薄膜包覆在基材(塑料、木质、金属等)上,通过加热器对薄膜进行充分软化,然后,利用气压对薄膜与基材进行贴合,贴合后对多余的材料进行修边。

G. Marckma等^[1]在假定无滑动摩擦接触条件下,应用虚功原理和超弹性Mooney-Rivlin模型,研究了空心塑料零件吹塑和热压成型的动态数值模拟,模拟结果与实验比较吻合。Yang Zhijun等^[2]在G. H. Menary^[3-4]工作的基础上,通过ABAQUS软件,采用Buckley模型对聚对苯二甲酸乙二酯(PET)瓶的拉伸吹塑过程进行了非等温有限元模拟,其结果能够很好地反映瓶子的厚度分布。边彬辉等^[5]通过实验方法,研究了适用于IMD薄膜热成型的薄膜拉伸工艺,并设计出可用于薄膜拉伸热成型的模具,确定了PET薄膜拉伸热成型的关键影响因素。刘永福等^[6]介绍了OMD与IMD工艺的区别、

OMD的工作原理、OMD工艺产品设计与模具设计要点。

笔者以聚丙烯(PP)薄膜材料对鼠标外壳进行OMD贴膜,采用有限元分析软件ABAQUS对该成型过程进行模拟仿真,分析了不同工艺参数对贴膜成型的影响。

1 超弹性本构模型

在模拟塑料热成型过程中,常用超弹性本构模型描述材料的应力-应变行为。常用的超弹性本构方程为Mooney-Rivlin和Ogden超弹性模型^[7]。

Ogden模型是Mooney-Rivlin模型的改进形式,其用级数描述应变能函数,适用于非常高的应变区域,应变能函数为:

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 3) \quad (1)$$

^{*} 江西省自然科学基金项目(20122BAB206029),江西省对外科技合作项目(20121BDH80016)

联系人: 李刚,副教授,博士,主要从事仿生、节能、新能源等方面的研究

收稿日期: 2013-05-14

式中, μ_i, α_i 为常数, λ_1, λ_2 和 λ_3 为主拉伸比。

Ogden 模型容易收敛, 计算成本比较低。当应变能函数取 3 项 ($n=3$) 时的材料常数 $\mu_1=4.32 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha_1=0.5$, $\mu_2=0.432 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha_2=4.0$, $\mu_3=-0.432 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha_3=-2.0^{[8]}$, 在 ABAQUS 软件中选择 Ogden 模型, 并相应地设置上述系数。采用 Ogden 模型可以较准确地模拟鼠标贴膜的成型过程。

2 OMD 工艺

OMD 工艺属于热压成型的范畴, 其设备主体为一密闭腔体, 并由薄膜将密闭腔体分隔为两个独立气室, 在成型前先将两个气室分别进行抽真空, 再进行加热、预拉伸、加压成型、冷却等程序。整个成型过程均在一密闭空间进行, 不易受外在环境的影响, 可大幅度提高工艺的稳定性。

图 1 是 OMD 设备的主体结构示意图, 设备分为上、下两个密闭的腔体, 薄膜固定在下模腔上, 合模后, 薄膜使上、下模腔密闭。用真空泵对上、下模腔进行抽真空, 然后, 开启加热器对薄膜进行加热, 使其充分软化。鼠标壳体置于下模腔的承载平台上, 待薄膜充分软化后, 用液压缸将其上顶, 使薄膜产生第一次拉伸。最后用高压泵对上模腔进行加压, 使薄膜完全地覆贴在鼠标壳体上, 卸压后, 打开模腔, 取出产品并对薄膜进行修剪。

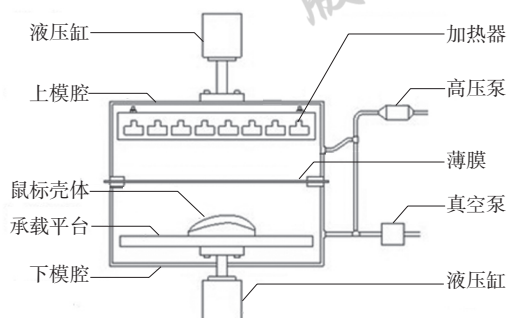


图 1 OMD 工艺设备的主体结构示意图

3 鼠标的 OMD 模拟仿真

3.1 建立有限元模型

采用有限元软件 ABAQUS 对某型号的鼠标外壳的 OMD 贴膜成型过程进行模拟仿真^[9], 由于 OMD 工艺程序较多, 在建模前应该对 OMD 工艺设备的结构进行合理简化, 以减少模型的计算量, 同时又要确保原始分析对象的主要结构性能不会发生改变^[10]。在腔体内抽真空和加压的过程是气体吹塑成型过程, 为了减少计算量, 直接在薄膜的上下表面施加一个始终垂直于其表面的均匀压强^[11], 相应的

上、下腔体可只保留上、下压边框。图 2 是 OMD 工艺设备有限元简化模型, 主要由上、下压边框、薄膜、鼠标壳体和承载平台组成。将上、下压边框、鼠标壳体和承载平台都设置成刚体, 同时将薄膜设置成 Shell 单元并以阶显式缩减积分壳单元 S4R 的网格类型输出。

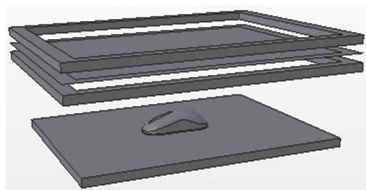


图 2 OMD 工艺设备有限元简化模型

3.2 参数设置

薄膜的成型过程包括合模、抽真空、加热、预拉伸、加压等过程。薄膜材料是厚度为 0.5 mm 的 PP, 密度为 0.91 g/cm^3 , 比热容为 $3770 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$, 热传导系数为 $0.25 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 。采用 Ogden 超弹性模型, 上边框、下边框、鼠标壳体、承载平台与薄膜之间的摩擦系数都设为 0.1, 均采用罚函数算法。约束下边框 X, Y, Z 三个方向的自由度, 约束上边框 X, Y 两个方向的自由度。

合模阶段, 在上压边框上表面施加一个垂直向下的初始压边力 F , 设置薄膜上表面的温度和鼠标壳体表面的温度均为 20°C ; 抽真空和加热阶段, 在薄膜上下表面同时施加一个相同的压强, 其等效于上、下腔体的真空度 P_1 ; 在薄膜的上表面加载温度 T , 使薄膜充分软化, 以模拟其加热过程; 预拉伸阶段, 设置承载平台与鼠标壳体在 Z 方向的位移为 30 mm, 上升时间为 0.01 s; 加压阶段, 在上压边框上表面施加一个垂直向下的 20000 N 的压边框力, 以保证压边框压紧薄膜, 同时在薄膜的上表面施加一个高压压强 P_2 , 加压时间为 0.022 s, 采用光顺加载技术设置压强-时间曲线^[12]。

在加热阶段, 加热温度应超过 PP 薄膜的玻璃化转变温度, 但不能超过熔化温度。温度的变化会影响薄膜的最终成型, 需调整其加热温度。在预拉伸阶段, 压边框力的大小对薄膜的初步成型影响也比较大, 同时, 真空度、压强和加压时间都会影响其最终成型, 因此, 需研究不同工艺参数对成型过程的影响。

4 不同工艺参数对成型的影响

4.1 仿真结果分析

设置初始压边力 $F=200 \text{ N}$, 真空度 $P_1=0.02 \text{ MPa}$,

加载温度 $T=110\text{ }^{\circ}\text{C}$, 高压压强 $P_2=0.2\text{ MPa}$, 对鼠标 OMD 贴膜成型过程进行仿真分析。

图 3 是薄膜成型时的应力云图。

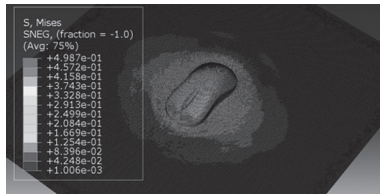


图 3 薄膜成型时的应力云图

由图 3 可以看出, 薄膜的最大应力约为 0.4987 MPa , 由于鼠标壳体上的薄膜受到拉伸和高压气体的双重作用, 其表面应力较大; 鼠标壳体周围仅仅受高压气体的作用, 其应力较小, 最小约为 1006 Pa 。

图 4 是薄膜成型时的厚度分布云图。

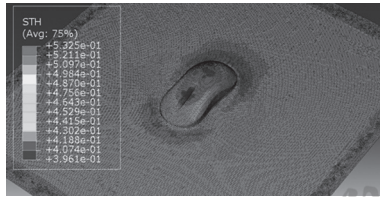


图 4 薄膜成型时的厚度分布云图

由图 4 可以看出, 鼠标壳体表面薄膜的最大厚度约为 0.4984 mm , 最小厚度约为 0.3961 mm 。最小厚度出现在鼠标弧顶处和鼠标前端凹处。这是因为在预拉伸阶段, 薄膜首先与鼠标弧顶处接触, 经受热和加压后薄膜会变薄; 由于凹处形状不规则,

经加压后, 薄膜更容易变薄。在鼠标壳体边缘区域的薄膜厚度约为 0.5325 mm , 大于初始薄膜的厚度 0.5 mm , 有轻微的起皱现象。

图 5、图 6 是薄膜成型时 X, Y 方向的变形云图。

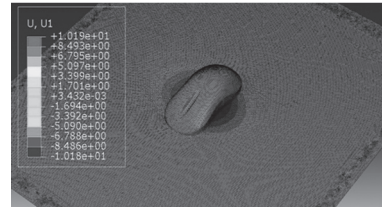


图 5 薄膜成型时 X 方向的变形云图

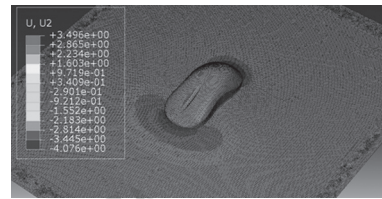


图 6 薄膜成型时 Y 方向的变形云图

由图 5、图 6 可以看出, 薄膜在 X, Y 方向的最大变形量分别为 $10.19, 3.496\text{ mm}$, 最小变形量分别为 $-10.18, -4.076\text{ mm}$; 离鼠标壳体较远的薄膜在 X, Y 方向基本上没有变形。

4.2 不同工艺参数的结果分析

采用相同方法, 只改变其中一个工艺参数 (F, T, P_1, P_2), 其它工艺参数保持不变, 对鼠标 OMD 贴膜成型过程进行仿真分析, 得出成型后薄膜的最大、最小厚度, 应力最大值、最小值及其在 X, Y 方向的最大、最小变形量, 结果见表 1。

表 1 不同工艺参数对鼠标贴膜成型的分析结果

参数	参数值	最大应力 / MPa	最小应力 / Pa	最大厚度 / mm	最小厚度 / mm	X 方向最大变 形量 /mm	X 方向最小变 形量 /mm	Y 方向最大变形 量 /mm	Y 方向最小变 形量 /mm
F/N	100	0.469 8	1 235	0.535 6	0.397 0	10.19	-0.24	3.509	-4.116
	200	0.498 7	1 006	0.532 5	0.396 1	10.19	-10.18	3.496	-4.076
	300	0.427 2	908.6	0.532 6	0.396 1	10.22	-10.18	3.491	-4.092
$T/^{\circ}\text{C}$	90	0.487 6	1 086	0.532 5	0.396 1	10.19	-10.19	3.496	-4.076
	110	0.498 7	1 006	0.532 5	0.396 1	10.19	-10.18	3.496	-4.076
	130	0.512 4	872	0.531 7	0.362 5	10.28	-10.17	3.592	-4.176
P_1/MPa	0.01	0.457 4	999.3	0.532 8	0.395 5	10.21	-10.2	3.493	-4.074
	0.02	0.498 7	1 006	0.532 5	0.396 1	10.19	-10.18	3.496	-4.076
	0.03	0.514 8	968.9	0.532 4	0.395 1	10.22	-10.23	3.495	-4.079
P_2/MPa	0.15	0.487 4	1 039	0.532 1	0.398 0	10.11	-10.09	3.424	-4.007
	0.20	0.498 7	1 006	0.532 5	0.396 1	10.19	-10.18	3.496	-4.076
	0.25	0.503 3	999	0.532 9	0.373 2	10.23	-10.23	3.568	-4.127

由表 1 可知, 当上压边力 $F=200\text{ N}$ 时, 薄膜的最大、最小应力分别为 $0.4987\text{ MPa}, 1006\text{ Pa}$, 当 F 减小或增大时, 薄膜的最小应力增大或减小, 但最大应力都有一定程度的减小, 而薄膜的厚度分布及其在 X, Y 方向上的变形基本不变。随着加载温度 T

的增加, 薄膜的最大应力增大, 但最小应力变小, 而薄膜的厚度分布及其在 X, Y 方向上的变形基本不变。当真空度 P_1 增大时, 薄膜的最大应力增大, 最小应力、厚度分布及其在 X, Y 方向上的变形基本不变。当高压压强 P_2 增大时, 薄膜的最大应力增大,

最小应力、厚度分布及其在 X 、 Y 方向上的变形基本不变。

由表 1 可知,当 $F=300\text{ N}$ 时,薄膜的最大应力最小;当 $T=130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,薄膜的最小应力最小;当 $P_1=0.02\text{ MPa}$ 时,薄膜的最小厚度最大;当 $P_2=0.15\text{ MPa}$ 时,薄膜在 X 、 Y 方向的变形量最小。鼠标贴膜的最佳工艺参数为: $F=300\text{ N}$, $T=130\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=0.02\text{ MPa}$, $P_2=0.15\text{ MPa}$ 。

5 结论

(1) 采用有限元方法模拟了鼠标外壳的 OMD 贴膜的成型过程,分析了薄膜的厚度分布、应力分布和变形分布。

(2) 采用不同的工艺参数模拟其贴膜成型过程,研究了不同的工艺参数对最终成型的影响,当加载温度 T 、真空度 P_1 、高压压强 P_2 增大时,薄膜的最大应力增大,但薄膜的厚度分布及其在 X 、 Y 方向上的变形基本不变。

(3) OMD 贴膜的最佳工艺参数为: $F=300\text{ N}$, $T=130\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=0.02\text{ MPa}$, $P_2=0.15\text{ MPa}$ 。

参考文献

- [1] Marckma G, Verron E, Peseux B. Finite element analysis of blow molding and thermoforming using a dynamic explicit procedure[J]. Polymer Engineering and Science, 2001, 41(3):426-439.
- [2] Yang Zhijun, Jones E H, Menary G H, et al. A non-isothermal finite element model for injection stretch-blow molding of PET bottles with parametric studies[J]. Polymer Engineering and Science, 2004, 44(7):1379-1390.
- [3] Menary G H, Armstrong C G, Crawford R J, et al. Modeling of poly (ethylene terephthalate) in injection stretch-blow moulding[J]. Plast Rubber Compos, 2000, 29(7):360-370.
- [4] Menary G H, Armstrong C G, Crawford R J. Computer aided design of performs for injection stretch blow molding[C]. ANTEC 1999. New York: Society of Plastic Engineers, 1999:988-992.
- [5] 边彬辉,阮锋,陈松茂,等. IMD 薄膜拉伸热成型工艺的开发 [J]. 塑料工业, 2009, 37(1):26-29.
- [6] 刘永福,尹高喜,杨金表,等. 外形包覆装饰工艺技术 [J]. 模具工业, 2012, 38(8):57-60.
- [7] 王岩. 新型可洗井封隔器密封元件有限元分析 [J]. 机械工程师, 2011(9):84-85.
- [8] 刘春太,王丽霞,郑占民,等. 吹塑和热成型过程的数值分析 II. 有限元方法 [J]. 中国塑料, 2001, 15(10):87-89.
- [9] 赵鹏,杨卫民. 胎体结构对塑料轮胎性能影响的仿真研究及结构优化 [J]. 工程塑料应用, 2012, 40(11):34-37.
- [10] 周新建,赵延召,李志刚,等. 注塑机械手机身振动特性分析与动力学分析 [J]. 机械设计与制造, 2012(2):214-216.
- [11] 郑超. 塑料片材真空阴模吸塑成型模拟及实验研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [12] 陈松茂. IMD 膜片力学性能及拉胀复合热压成形研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [13] 陈松茂. Research on mechanical properties and pre-drawing and air-bulging thermoforming of IMD film [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.
- [14] 刘永福,尹高喜,杨金表,等. 外形包覆装饰工艺技术 [J]. 模具工业, 2012, 38(8):57-60.
- [15] 王岩. 新型可洗井封隔器密封元件有限元分析 [J]. 机械工程师, 2011(9):84-85.
- [16] 刘春太,王丽霞,郑占民,等. 吹塑和热成型过程的数值分析 II. 有限元方法 [J]. 中国塑料, 2001, 15(10):87-89.
- [17] 赵鹏,杨卫民. 胎体结构对塑料轮胎性能影响的仿真研究及结构优化 [J]. 工程塑料应用, 2012, 40(11):34-37.
- [18] 周新建,赵延召,李志刚,等. 注塑机械手机身振动特性分析与动力学分析 [J]. 机械设计与制造, 2012(2):214-216.
- [19] 郑超. 塑料片材真空阴模吸塑成型模拟及实验研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [20] 陈松茂. IMD 膜片力学性能及拉胀复合热压成形研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [21] 陈松茂. Research on mechanical properties and pre-drawing and air-bulging thermoforming of IMD film [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.

杭州大固新材料推出超支化环氧复合材料

一种名为高性能超支化聚合物固化环氧树脂基玻璃纤维复合材料的新型材料,不久前通过浙江省级科技成果鉴定。

该材料由杭州大固新材料有限公司自主研发,通过科学配方,改善加工工艺,有效降低了复合材料的黏度,并显著提高了复合材料的低温冲击强度、均匀性、致密性、色彩均匀性和基体性能。复合材料具有良好的耐疲劳、抗老化、耐腐蚀和绝缘性能。

(中国环氧树脂网)

朗盛成功产出 20 t PBT 树脂

不久前,德国朗盛和生物基化学品 Genomatica 公司宣布,朗盛公司使用 Genomatica 公司的生物基 1,4-丁二醇 (BDO) 原料,成功生产出 20 t 聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 树脂。朗盛公司表示,生物基 BDO 完全符合 PBT 树脂生产的要求规范,经测试,生产的 PBT 树脂的性能和质量参数等同传统石油基原料生产的 PBT 树脂。此次试生产是在朗盛德国 Hamm-Uentrop 的 80 000 万 t/a PBT 工厂进行的。

(工程塑料网)