

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.02.015

模外装饰鼠标外壳贴膜工艺仿真及模具改进^{*}

李志刚,王业楷,贾慧芳

(华东交通大学机电与车辆工程学院,南昌 330013)

摘要:采用 FORTRAN 语言设计编写 DSGZ 黏弹性本构模型的材料子程序嵌入至 ABAQUS 软件中,然后基于模外装饰工艺原理,对六个鼠标外壳贴膜工艺成进行模拟计算,成型后薄膜的最薄厚度为 0.183 mm,薄膜在 X 方向最大变形量为 7.417 mm,薄膜在 Y 方向最大变形量为 4.107 mm。通过增大鼠标之间的左右距离同时减小鼠标之间的前后距离,改进之后薄膜的最小厚度为 0.1843 mm,薄膜在 X 、 Y 方向上的最大变形量分别为 7.104、2.574 mm,其较改进前分别减少了 4.22%、37.3%。

关键词:黏弹性本构模型;模外装饰;工艺成型;仿真

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)02-0069-04

Simulation of Forming of Film Posting of Mouse Shell and Mold Improvement Based on Outside Mold Decoration

Li Zhigang, Wang Yekai, Jia Huifang

(School of Mechatronics & Vehicle Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract : The user material subroutine in ABAQUS of Duan-Saigal-Greif-Zimmerman(DSGZ) model was designed and written by adopting FORTRAN language, which were integrated into ABAQUS for the simulation of forming process of six mouse shell posting film based on the principle of outside mold decoration(OMD) process. The thickness of film was 0.183 mm, the maximum deformation in the X direction was 7.417 mm, the maximum deformation in the Y direction was 4.107 mm. Increasing the left and right distance between the mouse and reducing the distance between the mouse and the mouse, the thickness of film was 0.1843 mm, the maximum deformation in the X direction was 7.104 mm, decreased by 4.22%, the maximum deformation in the Y direction was 2.574 mm after optimization, decreased by 37.3%.

Keywords : viscoelastic constitutive model ; outside mold decoration ; forming process ; simulation

模外装饰(OMD)工艺技术是采用高压真空转印直接将薄膜披覆于塑胶(或金属)表面形成立体涂装的新技术^[1-2]。P. Bourgin 等^[3]通过采用超弹性模型对聚丙烯、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)塑料板材热压成型过程进行了仿真分析。G. Salaa 等^[4]通过实验确立了 G'Sell 本构模型参数,并将材料子程序集成到 Pam-stamp 软件里,对塑料盒型零件的热压成型过程进行仿真分析,其仿真结果与其实验结果基本一致。G. Marckma 等^[5]基于 Mooney-Rivlin 模型,对空心塑料零件吹塑和热压成型过程仿真分析,仿真结果与其实验基本一致。刘春太等^[6-7]采用 Ogden 和 Mooney-Rivlin 超弹性本构模型和虚功原理,得到了描述热塑料膜热成型和中空成型过程的数学模型,并且通过数值模拟对热塑料膜的厚度进行预测,最后根据模拟结果对其工艺进行优化分析。陈松茂等^[8]建立了基于 DSGZ 黏弹性本构模型,采用 ABAQUS 软件对型腔较深的 IMD 盒形零件的薄膜进行了模拟分析。

笔者采用 FORTRAN 语言设计编写 DSGZ 黏弹性本构模型的材料子程序嵌入至 ABAQUS 软件中,然后再根据 OMD 工艺原理,对六个鼠标外壳贴膜工艺成型过程进行模拟计算,并且优化了鼠标之间的距离。

1 模外装饰工艺原理

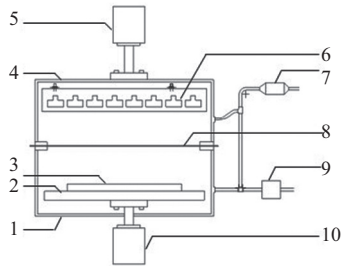
图 1 是模外装饰设备简图,其由上模腔、下模腔、载物平台、液压缸、加热设备、高压设备以及抽真空设备等组成。首先将六个鼠标外壳装饰件放置在载物平台上,同时加热设备对薄膜进行高温加热处理,然后通过压边框施加压边力以压紧薄膜,与此同时上模腔通过液压缸向下移动,与下模腔闭合,之后通过抽真空设备对上模腔和下模腔同时进行抽真

^{*} 国家自然科学基金项目(51665016),江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ14358)

联系人:李志刚,博士,副教授,主要从事焊接自动化和机电产品设计研究

收稿日期:2016-12-03

空,载物平台通过液压缸向上移动,使薄膜初步贴合在鼠标外壳表面,最后再通过高压设备对上模腔进行加高压处理,使薄膜紧密贴合在鼠标外壳表面。



1—下模腔;2—载物平台;3—装饰件;4—上模腔;5—液压缸;6—加热设备;7—高压设备;8—薄膜;9—抽真空设备;10—液压缸

图1 模外装饰设备简图

2 工艺仿真分析

2.1 建立有限元模型

基于有限元方法并且采用 ABAQUS 软件^[9-11]对六个鼠标外壳贴膜工艺成型过程进行仿真分析,图2是载物平台和六个鼠标外壳模型。 a 为两个鼠标外壳之间的左右距离, b 为两个鼠标外壳之间的前后距离。 c 为载物平台长度, d 为载物平台宽度。 $a=120\text{ mm}$, $b=180\text{ mm}$, $c=550\text{ mm}$, $d=550\text{ mm}$ 。

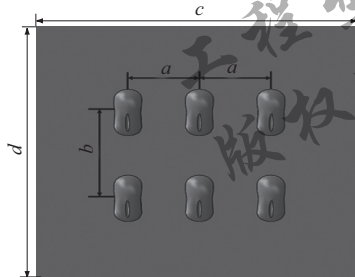


图2 载物平台和鼠标外壳模型

2.2 关键参数设置

DSGZ 黏弹性本构模型^[12-14]能准确地反应模外装饰贴膜材料的力学特性,模外装饰贴膜材料为 PMMA,其厚度为 0.2 mm ,其 DSGZ 模型系数如表 1 所示^[15],其中 C_1 , C_2 , m , a , K , C_3 , C_4 和 α 为模型标量系数,将采用 FORTRAN 语言设计编写 DSGZ 黏弹性本构模型的材料子程序嵌入至 ABAQUS 软件中。

表1 DSGZ 模型系数

C_1	C_2	m	a	K	C_3	C_4	α
46.7	0.85	0.85	3 892.6	0.135	0.000 9	25.1	50.4

上压边框的初始压边力为 600 N ;在薄膜上、下两表面同时加载 0.02 MPa 的压强(抽真空),薄膜的加热温度为 $105\text{ }^\circ\text{C}$,然后在上压边框上表面加载垂直向下 500 kN 的压边力,载物平台的向上移

动距离为 20 mm ,然后在薄膜的上表面施加一个 0.1013 MPa 的常压,再加载一个 1.0 MPa 的高压,以此对其工艺过程进行模拟计算。

2.3 用户材料子程序设计

ABAQUS 用户材料子程序求解的主要流程为:

(1) 在每一个增量步开始时,ABAQUS 主求解程序在单元的积分点上调用子程序,读入时间步长和增量步开始时已知状态的应力、应变及和其它与求解过程相关的变量。

(2) 用户材料子程序计算出增量结束时的应力、应变以及其它与求解过程相关的变量。

用户材料子程序流程中最重要的是应力与应变的更新,即应力更新算法。应力更新算法主要有两类:隐式积分算法和显式积分算法。如果模拟采用隐式积分算法,常常会因为计算量巨大和迭代不收敛而导致求解出错;显式积分算法虽然在计算精度方面略逊于隐式积分算法,但在计算过程中无需考虑迭代收敛的问题,只要满足时间增量步规定的要求,即可计算获得每一步的结果,且满足精度要求。尽管显式积分算法需要大量的时间增量步数,但是比起隐式积分算法而言,却大大减少了计算时间和空间内存,所以对于具有复杂接触条件、高度非线性准静态的模外装饰工艺过程的仿真分析,显式积分算法具有更好的优势。因此本文采用弹性预测-径向回映显示积分算法进行仿真。在对模外装饰工艺进行数值模拟的过程中,在求解薄膜的应力时,对于每一个应力的增量,采取弹性预测-径向回映显示积分算法对其进行更新。

ABAQUS 的用户子程序是根据 ABAQUS 提供的相应接口,按照 FORTRAN 语法而自己设计编写的代码。在一个算例中,用户可以用到多个用户子程序,但需将它们放在同一以 .for 为扩展名的文件中。运行带有用户子程序的算例时有两种方法,第一种是在 ABAQUS CAE 中运行,在 Edit Job 菜单的 General 子菜单的 User Subroutine File 对话框中选择用户子程序所在的文件即可;第二种是在 ABAQUS COMMAND 中运行。

假设模外装饰薄膜的成型是一个瞬间发生的过程,忽略热交换作用,薄膜在变形前后的温度保持不变,即其弹性模量、泊松比的值保持恒定。基于弹性预测-径向回映显示积分算法,根据 ABAQUS 用户材料子程序的接口规范,并且按照图 4-1 所示的用户材料子程序编写流程,采用 FORTRAN 语言

设计编写 DSGZ 黏弹性本构方程的 ABAQUS 用户材料子程序。

2.4 结果分析

图 3 是成型后薄膜的厚度分布云图,由图 3 可知,成型后鼠标外壳上的薄膜厚度最小为 0.1833 mm,鼠标左右两侧区域的薄膜厚度为 0.1921 mm。由于鼠标之间的左右距离偏小,增加了薄膜的能耗,导致该区域的薄膜变薄。鼠标前后两侧区域的薄膜厚度为 0.198 mm,几乎没有损耗。图 4、图 5 分别是成型后薄膜在 X 、 Y 方向的变形云图,由图 4 和图 5 可知,成型后薄膜在 X 、 Y 方向上的最大变形量分别为 7.471、4.107 mm。

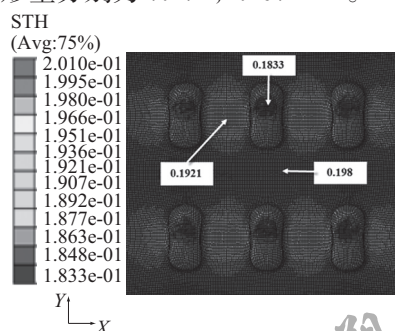


图 3 薄膜厚度分布云图

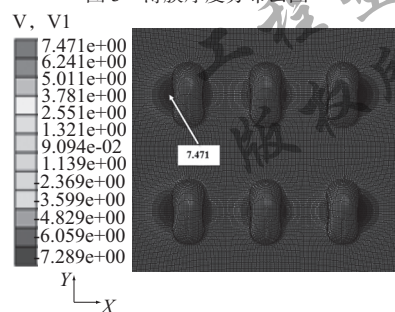


图 4 薄膜在 X 方向的变形云图

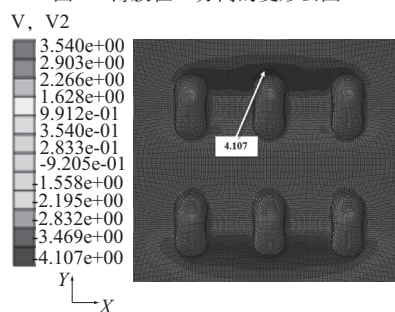


图 5 薄膜在 Y 方向的变形云图

3 改进分析

通过上述分析可知,可以通过增大鼠标之间的左右距离同时减小鼠标之间的前后距离,以此减少薄膜的能耗,使薄膜的减薄率降低。改进后两个鼠标外壳之间的左右距离 a 为 220 mm,两个鼠标外壳之间的前后距离 b 为 160 mm,载物平台长度

c 为 460 mm,载物平台宽度 d 为 740 mm。图 6、图 7、图 8 分别是改进后薄膜的厚度分布云图及其在 X 、 Y 方向的变形云图。由图 6 可知,改进后鼠标外壳上薄膜的最小厚度为 0.1843 mm,较改进前其增大了 0.001 mm。鼠标左右两侧区域的薄膜厚度为 0.1985 mm,较改进前其增大了 3.33%。由图 7 和图 8 可知,成型后薄膜在 X 、 Y 方向上的最大变形量分别为 7.109、2.574 mm,较改进前分别减少了 4.22%、37.3%。综上所述,改进后的工艺成型优化效果比较明显,因此可确定模腔的长度为 840 mm,模腔宽度为 560 mm。

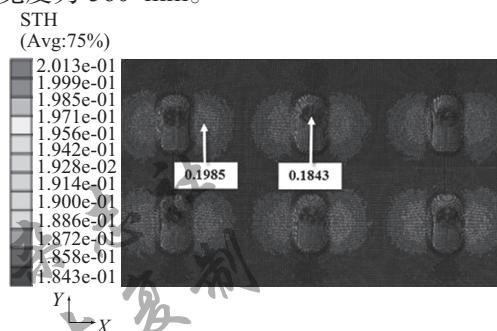


图 6 改进后薄膜厚度分布云图

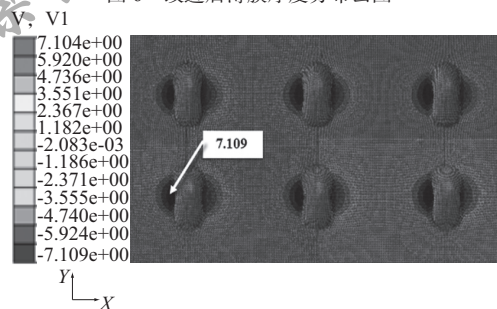


图 7 改进后薄膜在 X 方向的变形云图

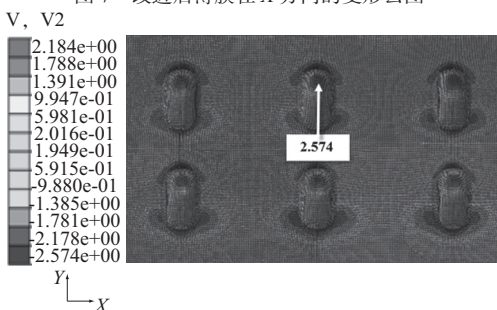


图 8 改进后薄膜在 Y 方向的变形云图

4 结论

采用 FORTRAN 语言设计编写了 DSGZ 黏弹性本构模型的 ABAQUS 材料子程序,对六个模装饰鼠标外壳贴膜的工艺过程进行模拟计算,成型后薄膜的最薄厚度为 0.183 mm,薄膜在 X 方向的最大变形量为 7.417 mm,薄膜在 Y 方向的最大变形量为 4.107 mm。通过增大鼠标之间的左右距离同

时减小鼠标之间的前后距离,改进之后薄膜的最小厚度为 0.1843 mm,薄膜在 X, Y 方向上的最大变形量分别为 7.104, 2.574 mm,其较改进前分别减少了 4.22%, 37.3%,改进效果比较明显,能够有效地指导模外装饰工艺成型。

参考文献

- [1] 李志刚,贾慧芳,李刚,等.鼠标外壳模外装饰贴膜技术工艺参数分析[J].工程塑料应用,2013,41(8):52-55.
Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang, et al. Analysis of process parameters in mouse shell film pasting based on outside mold decoration[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(8):52-55.
- [2] 李志刚,贾慧芳,李刚,等.基于模外装饰的笔记本贴膜仿真及其工艺参数优化[J].塑料工业,2013,41(10):32-36.
Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang, et al. Simulation of film pasting of computer base on out-side mold decoration and its optimization of process parameters[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(10):32-36.
- [3] Bourgin P, Corneau L, Saint-M T. A first step towards the modelling of the thermoforming of plastic sheets[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1995, 54:11-21.
- [4] Salaa G, Landro L D, Cassago D. A numerical and experimental approach to optimize sheet stamping technologies: Polymers thermoforming[J]. Materials and Design, 2002, 23:21-39.
- [5] 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.
- [6] 刘春太,申长雨,陈静波,等.中空成型和热成型过程的数值分析.变形过程的数学描述[J].中国塑料,2001,15(9):53-56.
Liu Chuntai, Shen Changyu, Chen Jingbo, et al. Numerical analysis of blow molding and thermoforming Part I: Mathematic description of deformation[J]. China Plastics, 2001, 15(9):53-56.
- [7] 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.
Liu Chuntai, Wang Lixia, Zheng Zhanmin, et al. Numerical analysis of blow molding and thermoforming Part II. Finite element method[J]. China Plastics, 2001, 15(10):87-89.
- [8] 陈松茂,张赛军.运用 CF-DSGZ 的模内镶件注塑膜片拉胀复合热压成形数值模拟研究[J].现代制造工程,2012(11):35-39.
Chen Songmao, Zhang Saijun. Research on numerical simulation of pre-drawing and air-bulging thermoforming of in-mould decoration films[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2012(11):35-39.
- [9] 吴兴彬,李大永,唐伟琴.聚四氟乙烯复合材料力学性能研究与有限元分析[J].工程塑料应用,2014,42(2):74-77.
Wu Xingbin, Li Dayong, Tang Weiqin. Study on mechanical properties and FEM analysis of PTFE composites[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):74-77.
- [10] 杨晓丹.基于 ABAQUS 的复合薄膜热结构有限元分析[J].传感器与微系统,2015,34(1):47-50.
Yang Xiaodan. Finite element analysis of thermal structure composite film based on ABAQUS[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2015, 34(1):47-50.
- [11] 姚杰.薄膜表面装饰模外成型装备研究[D].杭州:浙江工业大学,2014.
Yao Jie. Film surface decoration out-side molding equipment research[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2014.
- [12] Duan Y P, Saigal A, Greif R. Impact behavior and modeling of engineering polymers[J]. Polymer Engineering and Science, 2003, 43(1):112-124.
- [13] Joonnam G, Ahan K H, Lee J W. Three-dimensional simulation of thermoforming process and its comparison with experiments[J]. Polymer Engineering and Science, 2000, 40(10): 2232-2240.
- [14] G'sell C, Jonas J J. Yield and transient effects during the plastic deformation of solid polymers[J]. Journal of Materials Science, 1981, 16:1956-1974.
- [15] 李志刚,李刚,贾慧芳.模外装饰贴膜材料力学性能研究[J].中国塑料,2014,28(10):65-69.
Li Zhigang, Li Gang, Jia Huifang. Study of mechanical properties of films for outside mold decoration[J]. China Plastics, 2014, 28(10):65-69.

虾壳材料制成新型塑料袋,有望代替常规购物袋

据外媒报道,由诺丁汉大学及埃及尼罗河大学研究人员组成的一个生物工程团队正在使用虾壳中的材料来制作一种新型塑料袋,有望代替常见的塑料购物袋。所有不可降解的塑料袋都来自于化石燃料,而这种新型的塑料袋不仅更加环保,还能延长食品的保质期。

塑料购物袋可能非常方便,但它们也变成了令人头痛的环保问题。这些塑料袋不仅污染水源,同时环保部门不得不采取措施处理这些白色污染。为了帮助解决这个问题,研究小组正在研究壳聚糖(Chitosan),这是一种从废弃的虾壳中制取的人造聚合物。

这项研究的目的在于生产出适合于埃及环境的一种生

物聚合物纳米复合材料,能够取代制成塑料购物袋中的聚乙烯。这种可生物降解的材料造价也非常便宜。通过盐酸浸泡虾壳脱去碳酸盐,再通过碱溶液进行碱煮脱去蛋白质和脂类物质,然后再洗涤至中性,使用 KMnO_4 溶液或者 H_2O_2 溶液脱色,最后干燥就可以得到壳聚糖。利用常规的制造方法就能将壳聚糖薄片加工成塑料薄膜。

壳聚糖已经在食品包装盒医疗工业中得到应用,这种材料还具有抗菌性能,并能延长食品的保质期。

诺丁汉工程学院的 Nicola Everitt 博士表示:“使用由虾壳制成的可降解生物聚合物来制成塑料袋,不仅可以降低碳排放,还能减少在街道或非法倾倒场所积累的食物和包装垃圾。” (中塑在线)