

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.02.011

人脸反求模型的注射成型翘曲变形分析与优化^{*}

严庆光,孙存友,范金

(吉林大学材料科学与工程学院,吉林长春 130022)

摘要:以人脸修复体为研究对象,应用逆向工程技术将测量所得的三维人脸点云数据反求成 NURBS 曲面模型,并用有限元方法对人脸修复体注射成型工艺进行模拟仿真分析。通过正交试验,对影响翘曲的相关工艺参数进行优化,从而获得最优工艺参数组合。结果表明,采用该方法能够获得良好的人脸修复体,有效解决了人体软组织修复体的制备问题。

关键词:人脸反求模型;注射成型;翘曲;工艺参数;正交优化法

中图分类号: TQ325.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)02-0039-04

Analysis and Optimization of Warpage on Injection Molding of Inverse Model of Face

Yan Qingguang, Sun Cunyou, Fan Jin

(School of Materials Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: A human face was studied and reverse engineering was used to make the measured three-dimensional face point cloud data to NURBS surface models against hope for success. Finite element method was used on human face to simulate the injection molding process simulation. The relevant process parameters affected the warping were optimized by using the orthogonal optimization method to get an optimal combination of the technological parameters. Simulation results revealed that it could obtain a nice face restoration by using the method, and effectively solved the preparation problem of human soft tissue restoration.

Keywords: inverse model of face; injection molding; warpage; technological parameter; orthogonal optimization method

人体软组织修复体,如人眼修复体、鼻修复体、面部畸形整形修复体^[1]等的成型制备问题,一直是医学领域的一大难题。过去人们根据自己的主观想象或主观经验雕刻或塑型加工获得软组织修复体,但这种方法有着很大的局限性,它不仅制备时间较长,而且极大地影响手术的安全性,并且有可能影响手术的效果。

目前,在医学界开始广泛应用医用高分子材料制备人体软组织修复体。结合逆向工程技术反求出个体畸变或缺损部位的三维几何模型,运用注射成型的方法制造人体软组织修复体,从而反求制造出软组织器官的修复体。这种方法极大地弥补了过去这方面的不足,不仅提高了软组织修复体的制造效率,而且更加精确,更加符合患者的个体需求,更有利于减轻患者的痛苦,为医生手术指导提供良好的平台,这在科学研究领域也具有极大的指导意义。

笔者以医用高分子材料为原材料,通过利用逆向工程技术使人脸^[2]修复体得以反求制造,并用有限元方法对人脸修复体注射成型工艺进行模拟仿真分析,主要针对注射成型中存在的翘曲变形进行分

析与优化,最终获得了最佳的人脸修复体^[3]。

1 人脸反求模型的建立

1.1 人脸点云数据的获取和处理

选择某成年志愿者为被测对象。采用螺旋 CT 扫描机^[4]对该志愿者的人脸进行扫描,并将扫描图像在 CT 工作站转换为 BMP 位图格式文件^[5-6];再将 BMP 文件输入到医学影像三维重建软件中,选择合适的三维重建参数,并对图像进行预处理和图像分割,得到三维人脸点云数据^[4],如图 1 所示。

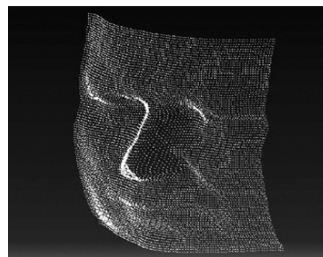


图 1 三维人脸点云数据

^{*} 吉林省人才资助项目(20102048)

联系人:严庆光,副教授,主要从事模具 CAD/CAM/CAE、高分子材料工程、板材成型等

收稿日期:2011-11-10

1.2 基于 NURBS 的人脸模型的曲面重构

将重建后的三维人脸点云数据以 STL 格式文件输出,然后将该人脸点云数据输入到逆向成型软件 Imageware 中,经过预处理,然后进行曲面重构^[7-9],利用 STL 格式的三片面数据重构曲面来重建模型,并对模型进行缺陷修补及曲面优化^[10-11],在此基础上拟合出 NURBS (非均匀有理 B 样条) 曲面^[9-12]。

基于 NURBS 的人脸模型的曲面重构是整个逆向工程中最关键的一环。它是后续产品加工制造、工程分析和产品再设计的基础。重构出了三维人脸 CAD 模型,就可以利用现有的技术对产品进行再设计和各种工程分析,进而生产出产品。

在逆向工程中,三维 CAD 模型的重构是利用产品表面的散乱数据点,通过插值或拟合,构建一个近似模型来逼近产品原型。根据曲面拓扑形式的不同,目前逆向工程研究中,自由曲面建模手段^[9-12]分为两大类:第一种是以三角域 Bezier 曲面^[9]为基础的曲面构造方法;第二种是以 NURBS 曲线、曲面为基础的矩形域参数拟合方法。三角域 Bezier 曲面拟合具有适应性好、构造灵活等优点,因而在散乱数据点的曲面拟合中被广泛应用。这种方法最适合表现无规则、复杂型面的物体,特别是人脸这类对象。但这种方法所构造的曲面模型不符合产品描述标准,与通用系统数据交换困难,因此,利用这种方法生成的曲面还必须转换为 NURBS 曲面。但是,在转换过程中,不可避免地会丢失一些信息,产生一定的误差;同时,这种方法还存在着对曲面修改能力不足、可控性差等缺点,这些都限制了它在实践中的应用。矩形域参数曲面拟合方法的应用对象主要是由复杂曲面组成的产品,这类产品既不是完全由简单的二次曲面组成,也不像人脸那样毫无规律。它常采用 coons 曲面、Bezier 曲面、B 样条曲面和 NURBS 曲面。矩形域参数曲面拟合方法是目前研究和应用得最多的一类曲面重构方法^[10-15]。笔者选择以 NURBS 曲线、曲面为基础的矩形域参数拟合方法。

利用逆向成型软件 Imageware 的数字化外形编辑器解决数字化数据导入、坏点剔除、匀化、横截面、特征线、外形和带实时诊断的质量检查等问题。首先将点云导入系统中,选择点云数据的路径以及格式。为降低或消除噪声对后续建模质量的影响,有必要对测量点云进行平滑滤波,数据平滑通常采用

高斯滤波、平均滤波或中值滤波。对于高密度点云,由于存在大量的冗余数据,需要对点云进行过滤处理。过滤点云可以降低点云密度,减少计算机的工作量,但是点云太稀就会丢失一些细节数据。点云网格化是在点云上建立三角网格,形成点云曲面,可以方便地勾勒点云轮廓。点云网格化包括建立网格面、偏置网格面、平顺网格面、修补网格面、降低网格密度、合并网格面、分割网格面、翻转边线。人脸上建立的网格面比较粗糙,可用平顺网格面功能,使得一些太小的网格面半径移去,减少网格面的粗糙度。建立轮廓特征线是为了后续曲面拟合做准备。建立轮廓特征线之前必须要勾勒特征交线,然后用交线曲线的功能将交线转换为空间曲线。在转换的过程中可以在移动误差范围内,将交线上的点数据平滑排列,用这些点作为数据点绘制曲线,也可以在交线上插入数据点,用这些点作为数据点绘制曲线。笔者选择建立好的轮廓特征线作为边界约束条件,选择相应的点云或网格面,设置拟合的曲面与点云之间允许的最大误差值,以及 U、V 两个方向上所包含的最多的控制顶点数目,得到拟合的 NURBS 曲面^[12],最终获得人脸 CAD 三维实体模型,如图 2 所示。

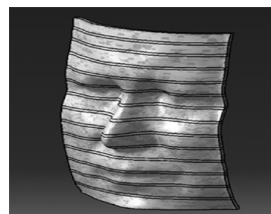


图2 人脸 CAD 三维实体模型

将 CAD 三维实体模型保存为 IGES 格式。最后,将该 IGES 文件导入到有限元软件中,利用有限元分析软件 Moldflow 对该三维几何模型设定材料参数并划分网格^[16-17],形成可用于仿真计算的三维有限元模型。

2 实验设计

实验选用的注塑制品为人脸反求模型,对模型选用 Fusion 表面^[16]进行网格划分,为了保证分析结果尽量准确,需对所得网格进行诊断和优化。最终获得网格状态三角形单元个数为 23 488,节点数为 11 762,三角形单元的纵横比最大值为 6.004 000,匹配率为 90.2%,网格划分的匹配率达到了 85% 以上^[17],可以保证具有良好的精确性。

在进行分析之前,必须选择好成型材料。由于

人脸反求模型对外表面质量要求较高。选择材料为 Honam Petrochemical 公司牌号为 8301B 的高密度聚乙烯。注塑时所选用的工艺参数^[17-18]的设置如下:模具温度为 40℃,熔体温度为 220℃,冷却时间为 20 s,注塑时间为 2.5 s,保压时间为 10 s,保压开始阶段的压力为 80% 的 V/P 转换点压力,后期保压压力为最大注塑压力的 99%,其余工艺条件采取默认设置。

模型为薄壁结构,容易产生翘曲缺陷,首先在已知工艺参数条件下进行流动和翘曲初步分析。结果表明,存在的主要缺陷为翘曲缺陷,因此实验设计主要以分析和优化翘曲缺陷为主^[18]。

采用正交试验法与仿真试验相结合,可对塑料件注射成型过程中的多因子进行优化设计,以减少翘曲变形,提高成型精度,因此将工件的总翘曲变形量作为试验指标。

影响塑料件注射成型后翘曲变形量大小的主要因素为:熔体温度、冷却时间、注塑时间、保压时间、保压压力。假设各因素之间不存在交互作用,每个因素均匀地取 4 个水平,正交试验设计及结果如表 1 所示。工艺参数对翘曲量的影响数据^[13-15]分析见表 2。

表 1 正交试验表及分析结果

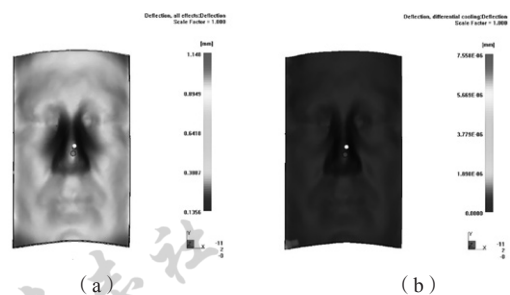
试验号	因素水平					翘曲量/mm
	熔体温度/℃	冷却时间/s	注塑时间/s	保压时间/s	保压压力/%	
1	205	20	2.5	8	50	1.208 0
2	205	25	3	10	60	1.197 0
3	205	30	3.5	12	70	1.186 0
4	205	35	4	14	80	1.167 0
5	215	20	3	12	80	1.137 0
6	215	25	2.5	14	70	1.129 0
7	215	30	4	8	60	1.190 0
8	215	35	3.5	10	50	1.194 0
9	225	20	3.5	14	60	1.152 0
10	225	25	4	12	50	1.179 0
11	225	30	2.5	10	80	1.117 0
12	225	35	3	8	70	1.149 0
13	235	20	4	10	70	1.133 0
14	235	25	3.5	8	80	1.126 0
15	235	30	3	14	50	1.129 0
16	235	35	2.5	12	60	1.112 0

表 2 工艺参数对翘曲量的影响数据分析

项目	熔体温度	冷却时间	注塑时间	保压时间	保压压力
均值 1	1.190 0	1.157 5	1.142 0	1.170 0	1.180 0
均值 2	1.160 0	1.157 7	1.150 0	1.160 0	1.160 0
均值 3	1.150 0	1.155 4	1.160 0	1.150 0	1.150 0
均值 4	1.130 0	1.155 5	1.167 0	1.140 0	1.140 0
极差	0.060 0	0.002 0	0.025 0	0.030 0	0.040 0
排序	1	5	4	3	2

3 实验结果分析

正交试验结果分析表明,最优方案为:模具温度 40℃,熔体温度 235℃,冷却时间 30 s,注塑时间 2.5 s,保压时间 14 s,保压开始阶段的压力为 80% 的 V/P 转换点压力。根据优化后的最佳工艺参数,设置成型工艺参数,递交有限元软件分析后^[11-12],得到在最优工艺参数条件下分析得到的翘曲变形量。从而获得工艺参数优化前后的数值模拟分析结果,如图 3 所示。



a—优化前各因素影响下的翘曲变形;b—优化后各因素影响下的翘曲变形

图 3 优化前后各因素影响下的翘曲变形对比

从图 3 可以看出,综合因素影响下的产品总体翘曲变形量由工艺参数优化前的 1.148 mm 下降到优化后的 1.071 mm,减小了 6.7%。

翘曲变形主要是由于收缩不均匀作用的结果,而由于取向原因和不均匀冷却联合作用引起的翘曲变形量很小。可见工艺参数的调整使得制品的翘曲变形有了很大的改善,较好地提高了产品表面质量。

4 结论

(1)以医用高分子材料为原材料,将逆向工程技术与注射成型有机结合,反求制造出良好的个性化的人脸修复体,有效解决了软组织器官的修复体的制造问题,这种方法制造软组织修复体更加精确,极大地提高了软组织修复体的制造效率,最终获得了最佳的人体软组织修复体。

(2)利用有限元方法对人脸反求模型的注射成型工艺进行了模拟仿真分析,分析出了成型工艺过程中存在的主要是翘曲缺陷。通过正交试验法和数值模拟仿真方法结合优化工艺参数,将翘曲量由原来的 1.148 mm 降至 1.071 mm,成型制品翘曲量得到了有效控制,人脸反求模型的翘曲变形也有了很大的改善。

参考文献

- [1] 徐东升. 逆向工程在整形医学中的应用及开发[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2006.
- [2] Volker Blanz, Thomas Vetter. A morphable model for the synthesis

- of 3D faces [J]. SIGGRAPH, 1999, 42 (4): 187-194.
- [3] 刘早. 人脸三维重建技术的研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2005.
- [4] 胡寅. 三维扫描仪与逆向工程关键技术研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.
- [5] 傅栋, 靳安民. 应用 CT 断层图像快速构建人体骨骼有限元几何模型的方法 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11 (9): 1620-1623.
- [6] 柯映林, 单东日. 基于边特征的点云数据区域分割 [J]. 浙江大学学报: 工学版, 2005 (3): 377-380.
- [7] 刘雯林, 何培英. 三维散乱数据曲面重构技术综述 [J]. 工程图学学报, 2003 (2): 14-148.
- [8] Xie H, McDonnell K T. Surface reconstruction of noisy and defective data sets [J]. IEEE Visualization, 2004, 10 (4): 259-266.
- [9] Ma Yingliang, Hewitt W T. Point inversion and projection for NURBS curve and surface: Control polygon approach [J]. Computer Aided Geometric Design, 2003, 20 (2): 79-99.
- [10] 贾双斌. 逆向工程中曲面重构与实现技术的研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
- [11] 李红莉, 邢渊. 基于点云数据的曲面重构方法及其比较 [J]. 计算机应用, 2006 (6): 101-104.
- [12] 孙玉文, 吴宏基, 刘健. 基于 NURBS 的自由曲面精确拟合方法研究 [J]. 机械工程学报, 2004 (3): 187-192.
- [13] 李东泽. 反求工程曲面重构技术研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2003.
- [14] 孙艳霞, 鲍旭东, 蒋春涛. 软组织建模中的有限元模型 [J]. 生物医学工程研究, 2004, 23 (3): 137-140.
- [15] 王军杰, 严秀琪, 马登哲, 等. 汽车发动机进气管自由曲面的反求 [J]. 中国机械工程, 2001, 12 (7): 741-742.
- [16] Deng Y M, Zheng D. Minimizing thicknesses of injection moulded plastic parts based on Moldflow simulation [J]. J Mech Eng (Slovenia), 2008, 53 (7-8): 503-518.
- [17] Gao Y, Wang X. An effective warpage optimization method in injection molding based on the Kriging model [J]. Int J Adv Manuf Technol, 2008, 37 (4): 953-960.
- [18] 骆志高, 王海涵. 注射工艺参数对薄壳塑件翘曲变形的影响 [J]. 模具工业, 2006, 32 (9): 53-56.

欧盟修订食品接触塑料材料和制品条例

2011年12月10日, 欧盟官方公报公布了欧委会第1282/2011号条例, 修订了关于食品接触塑料材料和制品的第10/2011号条例。

第10/2011号框架条例于2011年1月15日发布, 同年5月1日起在欧盟27国实施(尽管存在一些过渡条款)。第10/2011号条例涵盖了多材质多层包装用塑料, 而非仅仅指纯塑料和盖子中的塑料衬垫。

第10/2011号条例已直接影响了塑料生产厂和向欧盟出口食品的出口商。条例管辖了所有打算接触、已经接触或预料会接触食品的塑料。该条例将欧盟所有关于食品接触塑料的立法整合成了一个单一框架。

只有在授权物质“联合列表”(第10/2011号条例附录I中)中的物质, 才可用于塑料材料和制品中塑料层的生产。联合列表规定了塑料单体或其他初始物质、添加剂(不包括着色剂)、聚合体生产助剂(不包括溶剂)和从微生物发酵中获取的高分子。

新条例称为了减轻商业运营者的负担, 根据10/2011号条例合法上市的塑料材料及制品, 如果不符合新法规的要求, 仍可于2013年1月1日前上市。此外, 这些产品仍可在市面上销售直至售完库存。

应该注意的是, 欧盟条例可直接在成员国应用, 无需转化为成员国各自的立法。(工程塑料网)

兰港石化携手美利肯开发全新高级 PP 树脂

美利肯携手兰港石化(中国石油天然气股份有限公司旗下子公司)开发含美利肯 Hyperform HPN-68L 成核剂的高级聚丙烯(PP)树脂。新型 55MFR 反应器级树脂 H9018 为薄壁注塑成型技术而设计, 为当前一次性餐盒所用的发泡聚

苯乙烯(EPS)提供高品质、高性能的替代选择。H9018 不光比 EPS 更耐热从而适宜用于微波炉, 还具有出色感官特征和高透明度, 加快制造商加工 PP 的速度。

PP 是一种极为适宜制造一次性食品包装的塑料, 完全可回收, 能够减少碳足迹。

“随着消费者对环境保护、食品安全问题的关注度日趋上升, 采用 PP 作为食品包装材料日益成为中国业内的普遍做法,” 兰港石化高级工程师胡清女士说, “为了向市场提供增值 PP 材料, 帮助兰港产品在同类产品中脱颖而出, 我们与美利肯携手实施了这个重大项目。解决方案使兰港得以向模具商和消费者提供一次性餐盒用料的新选择, 在与传统材料的竞争中胜出。”

Hyperform 有别于传统成核剂, 使加工过程更快更稳定, 各向同性收缩量更大, 提高生产率, 减少热变形。此外, Hyperform 能够均匀分布于包括 H9018 在内的高熔体流动速率的 PP 中, 对许多薄壁注塑成型技术应用实例而言, 这构成重大优势。

“与兰港的紧密合作进一步体现了美利肯在给 PP 行业带来全新创新和世界级技术服务、应用开发知识的长期承诺,” 全球产品线经理 Fred Defenbaugh 说, “此次联合开发活动取得了极为圆满的成果, 有助于兰港实现从获得竞争优势到加强可持续发展能力等方面的重大业务目标。”

(工程塑料网)

帝人量产世界上最细的聚酯纤维

帝人纤维日前决定量产世界上最细的 400 nm 直径聚酯纤维。帝人还掌握了 280 nm 纤维制造技术, 也将尽快投入量产。此外帝人还在研发其他纳米纤维以进一步丰富产品种类。(色母粒网)