

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.01.016

# 自行车把套的 3D 打印定制

朱小明,章盼梅,韩伟

(华南理工大学广州学院,工程训练中心,广州 510800)

**摘要:**针对市场对产品个性化日益增长的需求,对自行车把套进行 3D 打印定制案例研究。对市场上自行车把套的特点和定制方法进行分析,运用 Solidworks 进行把套初样模型的设计,以其 3D 打印件作为骨架制作油泥模型,通过视觉和手掌触握的检验方法进行修补和完善,构建出高贴合度和舒适度的把套曲面轮廓,实现“以物适手”。3D 扫描采集油泥模型点云数据后运用 Geomagic Wrap 软件完成曲面重构并导入 Solidworks 中进行再设计,最后选择热塑性聚氨酯和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料材料 3D 打印把套成品,为特定个体定制出适合自身手感且具有所需外观要求的极具个性化的把套。该案例可为同类型产品的个性化设计和制作提供参考。

**关键词:** 3D 打印;把套;塑料成型;个性化设计;产品定制

**中图分类号:** TQ2, TQ3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)01-0081-05

## 3D Printing Customization of Bicycle Handle Cover

Zhu Xiaoming, Zhang Panmei, Han Wei

(Engineering Training Centre, Guangzhou College of South China University of Technology, Guangzhou 510800, China)

**Abstract :** In view of the increasing demand for products individualization in the market, a case study on 3D printing customization of bicycle handle cover was carried out. The characteristics and customization methods of bicycle handle cover in the market were analyzed. Solidworks was used to design the initial model. The 3D print of the initial model was used as the skeleton to make the sludge model. The high-fitting and comfortable contour of the handle was built through the repair of visual and tactile methods, thus realizing “fitting the hand with the object”. After the point cloud data of the sludge model was collected by 3D scanning, the surface reconstruction was completed by the Geomagic Wrap software and imported into Solidworks for redesign. Finally, TPU and ABS materials were selected for 3D printing of the finished products to customize a personalized handle suit for specific individuals with their own feel and required appearance requirements. This case can provide reference for the personalized design and production of similar products.

**Keywords :** 3D printing ; handle cover ; plastics molding ; individualization design ; product customization

随着经济的快速发展和人们生活质量的提高,市场对个性化产品定制需求日益增长。近年来,3D 打印技术和逆向工程的结合推动了产品个性化定制发展<sup>[1-2]</sup>,尤其是 3D 打印在硬件和材料方面的进步,为产品定制生产提供了更多的可能性。目前,在 3D 打印定制方面有较多的应用案例,尤其是与人体有直接接触的可穿戴类产品,如鞋子、鞋垫、耳塞、手柄、眼镜、家居用品、婚纱照、玩具饰品等<sup>[3-7]</sup>。笔者通过 CAD 技术、3D 打印技术、油泥模型制作技术

和逆向工程(RE)技术的综合应用,根据手掌特征进行自行车把套的个性化设计和 3D 打印制作研究,使把套更具个性化和舒适性,符合特定个体的使用需求。

### 1 自行车把套特点分析

市场销售的自行车把套如图 1 所示,从造型上主要分为直圆筒型和仿生设计型,带角(副把)型和不带角型,其中带角型的又可分为一体成型和(副把)分体组合型。普通直圆筒型会形成不自然的

**基金项目:** 中国高等教育学会高等教育科学研究“十三五”规划课题(2019SYSYB02),华南理工大学广州学院教学改革项目(52 JY190516)

**通信作者:** 章盼梅,实验师,主要研究方向为 CAD/CAM E-mail: 389011482@qq.com

**收稿日期:** 2020-11-10

**引用格式:** 朱小明,章盼梅,韩伟. 自行车把套的 3D 打印定制[J]. 工程塑料应用,2021,49(1):81-85,101.

Zhu Xiaoming, Zhang Panmei, Han Wei. 3D printing customization of bicycle handle cover[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(1):81-85, 101.

握把方式,容易引起手掌及腕骨的不适感;符合人体工学的仿生设计型,增大了手掌与把套的接触面,获得自然正确的支撑状态,可有效缓解局部压迫,使抓握更舒适;带角(副把)型可变换把位调节身体姿势,提高车辆的操作性和骑行舒适度。



图1 自行车把套

尺寸方面,直圆筒型的整体长度一般在125 mm以上;仿生设计型的裸把长度可达135~140 mm,大于一个成年人标准手掌的宽度;带副把的整体长度可适当加长。

在材质方面,把套一般由两种以上材料组合装配。材质种类较为丰富,主要组合类型包括聚丙烯(PP)内衬+热塑性橡胶(TPR)主体;减震乙烯/乙酸乙烯酯塑料(EVAC)主体+防滑硅胶外层包裹;丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)主体+聚氨酯高弹海绵;PP内衬+热塑性弹性体(TPE)材料;牛皮+海绵+PP内衬。把套外表层一般选用弹性材料并增加防滑纹路设计或选用吸震防滑的材料,使把套具有一定防滑增阻效果,确保使用舒适性和骑行安全性。

目前自行车发展已处于成熟期,大众对自行车个性化消费需求的重要性不断提升,自行车零部件的个性化差异竞争是自行车企业寻求突破的方向。对自行车把套进行创新和优化,针对个体用户进行把套定制会具有很好的应用前景和操作空间。

## 2 定制工艺流程

目前产品的个性化定制较为简单的操作是运用计算机辅助设计系统,建立多种不同设计的产品库,消费者可通过定制系统在多种设计款式、颜色等方面选择形成不同组合及在产品中增加文字、图案等来生成特定的产品模型并进行加工。类似鞋子、鞋垫或手柄类产品定制除了在现有产品库中进行不

同组合选择外,还可通过测量获取消费者人体特定部位的特征信息来生成更具个性化的产品模型<sup>[8-9]</sup>。例如鞋子的定制,首先进行大量的人体脚部的3D扫描和统计分析,创建脚部的数据库。定制时,通过3D扫描测量采集客户脚部的数据,将其与数据库中的数据进行交叉引用,系统自动生成某特定鞋款相应的鞋楦CAD模型和鞋子模型。

所以自行车把套的个性化设计不应单单体现在款式、颜色、材质方面的差异上,而应是在满足产品基本尺寸、使用性能要求的基础上,从人机工程学的角度,依据特定个体手掌的特征进行设计,生成独一无二的把套曲面轮廓,从而获得更高的贴合度和舒适度。

自行车把套定制操作中无需手掌数据库的支持,其操作流程如图2所示,运用Solidworks软件建立尺寸比实际产品偏小的把套初样模型,采用熔融沉积成型(FDM)打印机进行打印,将打印件作为骨架进行油泥模型的制作,在油泥模型制作中通过视觉和触觉检验方法构建出舒适、贴合的曲面轮廓,这是体现个性化设计最关键的环节。采用3D扫描仪测量获取油泥模型的点云数据后通过Geomagic Wrap软件完成模型曲面重构,再将模型导入到Solidworks中进行再设计,最后选择合适的材料和3D打印工艺进行制作。

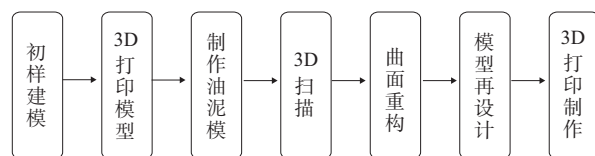


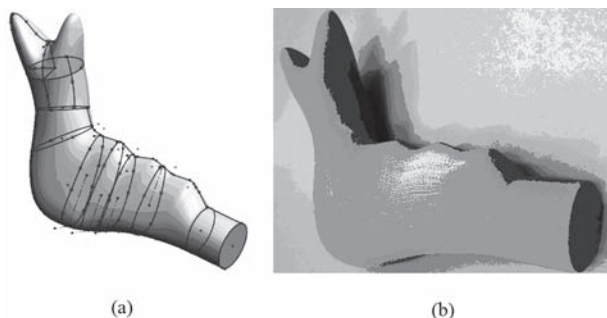
图2 操作流程

## 3 把套的个性化设计

### 3.1 初样建模和3D打印

参考现有把套的尺寸,借鉴仿用现有把套的造型结构来设计初样模型。在初样建模中要注意的是模型的整体尺寸要比实际产品外轮廓线小5~10 mm,为后续油泥模型制作中曲面轮廓修补和调整留有操作的空间。把套的整体为曲面形态,在Solidworks建模中主要确定模型的总体轮廓,控制模型大体尺寸,布局出对整体造型起关键作用的结构点,构建大致的空间曲线后运用放样、扫描功能构建初步的曲面形状,初样设计中把套的细节可未尽体现,曲线、曲面轮廓也不必追求完美。把套的形状如图3a所示,为一体成型带角的仿生学的手握型

设计效果,模仿人体自然抓握的形状进行设计。模型建立后,进行3D打印。FDM工艺加工成本相对较低、操作方便,聚乳酸(PLA)材料容易打印,且成型外观良好,特别适用于早期概念建模的原型制作。图3b所示为采用FDM打印机打印的PLA材质把套初样模型。



a—建模轮廓;b—PLA 材质打印件

图3 初样建模和3D打印

### 3.2 油泥模型的制作

3D打印出初样模型,除了可以得到更为直观、清晰的设计效果,便于对初样建模进行修改,更重要的是利用初样模型3D打印件作为骨架进行油泥模型制作。这样可省去传统油泥模型制作中三视图的准备和前期骨架模型的手工构建工作。精雕油泥微温下可软化塑形或修补,塑形简单,可塑性强,常温下坚硬细致,能得到较为精细的模型效果。在3D打印件上填敷油泥,对油泥进行粗刮,期间通过视觉、触觉的方法,不断用手掌去触摸,对把套曲面轮廓进行检验和修正,完善产品细节,最终获得舒适抓握状态下的把套模型。图4为油泥模型的粗刮效果,在手握接触部分增加了防滑纹路,最后精刮油泥,使模型具有一定的光顺度。

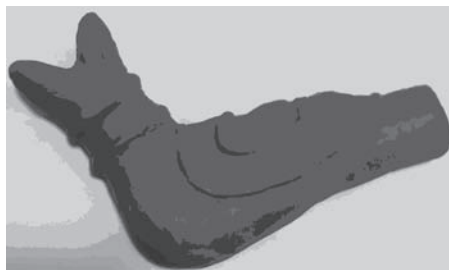


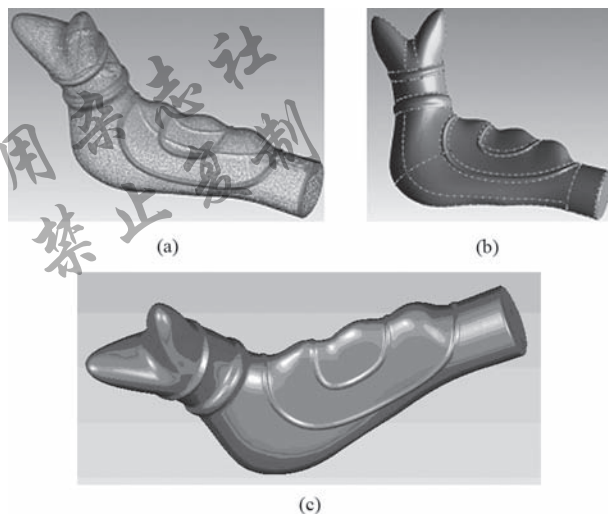
图4 油泥模型

### 3.3 3D扫描与曲面重建

3D扫描仪大体分为接触式和非接触式两种。笔者使用Wiiboox Reeyee Pro 2X手持式白光三维扫描仪对油泥模型进行非接触式测量,获取其点云数据。该扫描仪采用的结构光栅扫描技术可一次性

完成一个面的扫描,精准感知移动轨迹,扫描时可无需标记,同时自动对齐之前的扫描数据并合成<sup>[10]</sup>。多次扫描的点云图像完成拼接并融合在一起得到模型的三角形网格数据后,再对模型进行光滑优化处理,最后创建并导出把套的STL格式模型。

将STL格式模型导入到Geomagic Wrap软件中进行点云数据处理和曲面重构,如图5所示。首先将多边形模型转换为点云(图5a),去除多余的杂点后再分装成多边形,用“网格医生”检查多边形情况,进行孔填充、删除钉状物、光顺表面等优化操作。在精确曲面阶段,通过探测曲率并编辑合理的轮廓线(图5b)后用“构造曲面片”产生曲面并进行面片调整,最后拟合出NURBS曲面模型(图5c)并以IGS格式保存。



a—点云数据;b—轮廓线;c—NURBS 曲面

图5 把套曲面重构

### 3.4 产品再设计

重构后的曲面模型导入Solidworks软件中进行再设计,缝补曲面缺口、缝合曲面形成实体后进行特征细节处理,如把套安装处需要打孔,是否需要内衬,根据把套安装孔一侧曲面形态设计出与之相贴合的把塞,把套外表层是否添加图案或增加表层包裹材料等。图6为表面添加图案,打孔后配合内衬和把塞的把套效果,该类型把套一般由弹性材料主体+硬质材料内衬构成;图7为表面增加包裹层,打孔无内衬、配合把塞的把套效果,该类型把套一般是硬质材料主体+柔性材料包裹。

### 4 把套的3D打印

3D打印技术能快速实现其它机械工艺无法完成的复杂形状产品的加工,是个性化产品定制中首



图6 弹性材料的把套



图7 硬质材料的把套

选的加工工艺。选用何种 3D 打印工艺由产品材料决定,产品的成型性能则由工艺方式控制。把套的材料一般为塑料,可以是弹性材料为主体+高强度材料内衬;也可以是硬质材料为主体后包裹软质材料外层。

塑料是 3D 打印最为成熟的材料,种类繁多,目前能生产塑料成品的 3D 打印工艺以 FDM,光固化技术 (SLA), PolyJet 3D 打印技术和选择性激光烧结技术 (SLS) 为主。FDM 工艺的材料主要为热塑性塑料,包括一些常用热塑性塑料,如 ABS、丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯塑料 (ASA) 和 PLA,其中 ABS 是 FDM 最常用、最广泛的材料,具有较高的成型强度、耐温性和韧性,适合用于最终使用零件的加工;工业热塑塑料,如聚碳酸酯 (PC) 和 PC/ABS 共混物;高性能工程热塑性塑料,如聚苯砜、尼龙、树脂和碳纤维的混合物;柔性材料,如热塑性聚氨酯 (TPU) 和 TPE,尤其是 TPU,具有优越的柔韧性和弹性,同时兼具耐磨性和抗撕裂性<sup>[11-12]</sup>。SLA 工艺和 PolyJet 3D 打印技术的材料主要为各种类型的光敏树脂。SLS 工艺使用的热塑性材料主要为塑料及其与无机材料或金属的复合材料,如添加玻璃珠的尼龙粉末。SLS 工艺也可制备 TPU 弹性材料零件,TPU 粉末烧结成型后可具有高强度、高弹性和耐磨性的特点<sup>[13-14]</sup>。

目前,TPU 是 3D 打印工艺中应用广泛的弹性材料,能模拟出不同硬度、伸长率和抗撕裂强度的热

塑性橡胶,是橡胶类产品打印中不错的材料选择,适合用于汽车、医疗、时尚领域<sup>[15-18]</sup>,如柔性软管、密封件、握柄、鞋底、腕带等的制作,很多的应用实例表明采用 TPU 材料 3D 打印运动鞋鞋垫或鞋底具有很好的外观和性能效果。

弹性材料为主体的自行车把套可采用 TPU 材料打印,再配合 PP 材料内衬打印件进行安装。FDM 工艺打印 TPU 材料的成本比 SLS 工艺低,但 SLS 工艺制备的 TPU 产品能取得更高的精度。

硬质材料为主体的把套,从成本和操作便捷性方面考虑可选择 FDM 工艺,采用 ABS 材料打印成型。FDM 工艺是通过喷头将加热到熔融状态的材料挤出并根据模型的截面轮廓进行填充,冷却后逐层堆积成型。实例中把套由太尔时代的 UP Plus 2 打印机打印,选用的材料为 ABS。将 STL 格式的模型导入到打印机的预处理软件 UP Studio 中,为避免进行分层处理时发生错误,首先要检查 STL 模型是否存在面缺口、交叉或重叠等缺陷,如存在缺陷需对原始模型进行修复。打印前对模型进行分层处理和打印参数的设置。调整模型的放置位置、角度,设置层厚、填充方式、支撑角度等参数,其中层厚对 3D 打印精度的影响最为关键,层厚越小打印精度越高<sup>[16]</sup>。把套模型在 UP Studio 软件中设置的加工参数如图 8 所示,层厚为 0.15 mm,表面密封层为 3,扫描角度为 45°,支撑角度为 30°,扫描质量等级为 fine。

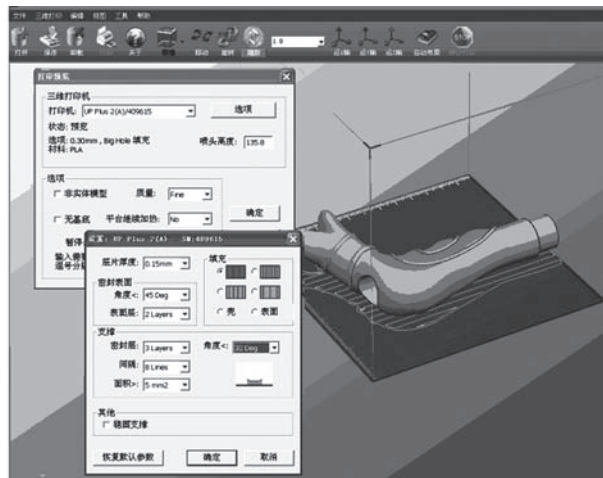


图8 加工参数

分层处理后的截面轮廓将驱动打印机的硬件进行模型的逐层加工,其中喷头将丝状 ABS 材料加热融化后选择性地涂覆在工作台上,快速冷却后形成一层截面,打印机工作台下下降一个高度(即分层

厚度)再成型下一层,层层叠加,直至形成整个把套模型。图9为把套的ABS打印件,最后可在打印件的表面添加牛皮或聚氨酯高弹海绵的包裹层,柔软舒适并能起到吸震防滑作用。



图9 把套的ABS打印件

## 5 结语

综合运用CAD技术、油泥模型制作技术、逆向工程技术和3D打印技术进行自行车把套的个性化定制研究,为特定个体设计和制作出了符合手掌特征,更具舒适性和个性化的把套,也为同类型产品的3D打印定制提供参考。在此过程中,将初样模型的3D打印件作为油泥模型的骨架,可大大提高油泥模型制作的效率;油泥模型塑形能力强的优点加上制作过程中手掌与模型的抓握触觉体验方式能构建出恰到好处的、高贴合度和舒适度的把套曲面轮廓。油泥模型制作和逆向工程的结合为个性化把套曲面CAD模型的设计提供解决方法,而无需直接3D扫描手掌或借助高成本的数据库和产品定制系统。随着3D打印工艺的成熟,打印材料的多样性和创新发展,3D打印生产定制型产品无论在外观、性能、成本或效率方面都更为合理,基于3D打印的产品定制将具有非常广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] 胡双喜. 基于逆向工程的个性化产品创新设计与模型制作[J]. 机械工程与自动化, 2019(5):197-199.  
Hu Shuangxi. Personalized product innovation design and model making based on reverse engineering[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2019(5):197-199.
- [2] 袁晓东. 基于逆向工程与3D打印技术的产品创新设计研究[J]. 机械设计, 2015, 32(10):105-108.  
Yuan Xiaodong. Product innovation design based on reverse engineering and 3D printing technology[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(10):105-108.
- [3] 张凯, 王菲菲, 李超. 基于逆向工程和3D打印技术的游戏手柄模型设计与制造[J]. 现代制造技术与装备, 2020, 56(8):9-10.  
Zhang Kai, Wang Feifei, Li Chao. Design and manufacture of game controller model based on reverse engineering and 3D printing technology[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2020, 56(8):9-10.
- [4] 白路遥, 惠延波, 周颖, 等. 基于3D打印技术的个性化鼻罩设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(3):78-82.  
Bai Luyao, Hui Yanbo, Zhou Ying, et al. Personalized nose mask design based on 3D printing technology[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3):78-82.
- [5] 赵红霞, 段芳, 刘丁宁, 等. 基于逆向工程与仿生学的个性化耳机的设计[J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(4):71-72.  
Zhao Hongxia, Duan Fang, Liu Dingning, et al. Design of personalized headset based on reverse engineering and bionics[J]. Industry and Technology Forum, 2020, 19(4):71-72.
- [6] 魏正英. Formlabs和吉列公司合作生产3D打印剃须刀手柄[J]. 现代塑料加工应用, 2019, 31(1):4.  
Wei Zhengying. Formlabs and gillette cooperate to produce 3D printing razor handle[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(1):4.
- [7] 黄朝阳. 3D打印个性化设计空气流场式防雾运动眼镜研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2018.  
Huang Zhaoyang. The research of personalized design antifogging sport glasses manufactured by 3D printing with air flow field[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2018.
- [8] 吴雨洁, 曾琦, 付乐宾, 等. 3D打印技术与鞋业设计制造新模式的展望[J]. 皮革科学与工程, 2018, 28(2):40-43.  
Wu Yujie, Zeng Qi, Fu Lebin, et al. Outlook for new modes of 3D printing technology in the design and manufacture of footwear[J]. Leather Science and Engineering, 2018, 28(2):40-43.
- [9] 石娜. 基于大数据背景下的鞋类设计定制流程[J]. 皮革科学与工程, 2018, 28(2):60-63.  
Shi Na. Research of design customization process based on big data[J]. Leather Science and Engineering, 2018, 28(2):60-63.
- [10] 上海沪教信息科技有限公司. 手持式三维扫描仪原理是什么[EB/OL]. (2020-03-30)[2020-11-10]. <https://wenku.baidu.com/view/152a494b25284b73f242336c1eb91a37f1113268.html>.  
Shanghai Huao Information Technology Co., Ltd. What is the principle of a handheld 3D scanner[EB/OL]. (2020-03-30)[2020-11-10]. <https://wenku.baidu.com/view/152a494b25284b73f242336c1eb91a37f1113268.html>.
- [11] Wang Jun, Yang Bin, Lin Xiang, et al. Research of TPU materials for 3D printing aiming at non-pneumatic tires by FDM method[J]. Polymers, 2020, 12(11).doi:10.3390/polym12112492.
- [12] 王晓, 王彦丽, 王宁宁, 等. 基于FDM的柔性材料3D打印工艺研究[J]. 机械工程与自动化, 2020(1):1-3.  
Wang Xiao, Wang Yanli, Wang Ningning, et al. Research on 3D printing process of flexible materials based on FDM[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2020(1):1-3.

- mould with hot runner of tableware box[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(12):68-71.
- [3] 范玉,孙智. 塑料盖板注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(9):60-63.
- Fan Yu, Sun Zhi. Design of hot punner injection mold and for plastic cover[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(9):60-63.
- [4] 弗伦克勒,扎为斯托夫斯基. 注射模具的热流道[M]. 北京:化学工业出版社, 2004.
- Fren Koehler, Minkowski Tie Stowe. Hot runner injection mold[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2004.
- [5] 范玉,张君伟,赵阳培. 音响面板热流道注射模具设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(8):73-76.
- Fan Yu, Zhang Junwei, Zhao Yangpei. Audio panel hot runner injection mold design[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(8):73-76.
- [6] 芦亚萍. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京:清华大学出版社, 2010.
- Lu Yaping. Plastic molding process and die design[M]. Beijing:Tsinghua University Press, 2010.
- [7] 范玉,钟兴,范佳琦. 汽车音响塑料件模具设计及成型工艺优化研究[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(12):76-80.
- Fan Yu, Zhong Xing, Fan Jiaqi. Automobile audio plastic parts research on mold design and molding process optimization[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(12):76-80.
- [8] 徐佩弦. 塑料注射成型与模具设计指南[M]. 北京:机械工业出版社, 2013.
- Xu Peixuan. Plastic injection molding and mold design guide[M]. Beijing:Mechanical Industry Press, 2013.
- [9] 高汉华,何冰强. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 2版. 大连理工大学出版社, 2009.
- Gao Hanhua, He Bingqiang. Plastic molding process and die design [M]. 2nd Ed. Dalian University of Technology Press, 2009.
- [10] 朱鹏程,姜丽军. 先进的热流道塑料模具技术[J]. 中国高新技术企业, 2007(16):85-87.
- Zhu Pengcheng, Jiang Lijun. Advanced hot runner plastic mold technology[J]. Chinese High-Tech Enterprise, 2007(16):85-87.
- [11] 张建雨,冯刚,李金良. 注射模热流道的技术特点与应用[J]. 塑料工业, 2011, 39(11):56-58.
- Zhang Jianyu, Feng Gang, Li Jinliang. Technical features and application of hot runner of injection mould[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(11):56-58.

(上接第 85 页)

- [13] 甘鑫鹏,王金志,费国霞,等. 聚氨酯弹性体的选择性激光烧结[J]. 高分子材料科学与工程, 2019, 35(8):87-93, 104.
- Gan Xinpeng, Wang Jinzhi, Fei Guoxia, et al. Selective laser sintering of polyurethane elastomers[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2019, 35(8):87-93, 104.
- [14] Anonymous. TPU powders for SLS prototyping & manufacturing [J]. Plastics Technology, 2012, 58(9):85-89.
- [15] 谢艰. 基于FDM的TPU材料鞋底3D打印工艺研究[D]. 苏州:苏州大学, 2018.
- Xie Jian. Research on 3D printing process of TPU macterial sole based on FDM[D]. Suzhou:Soochow University, 2018.
- [16] Verstraete G, Samaro A, Grymonpré W, et al. 3D printing of high drug loaded dosage forms using thermoplastic polyurethanes[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2018, 536(1).doi:10.1016/j.ijpharm.2017.12.002.
- [17] Xiao Jianhua, Gao Yanfeng. The manufacture of 3D printing of medical grade TPU[J]. Progress in Additive Manufacturing, 2017, 2(3).doi:10.1007/s40964-017-0023-1.
- [18] Kim K, Park J, Suh J H, et al. 3D printing of multiaxial force sensors using carbon nanotube (CNT)/thermoplastic polyurethane (TPU) filaments[J]. Sensors & Actuators:A.Physical, 2017, 263. doi:10.1016/j.sna.2017.07.020.