

基于三维打印的型孔排种轮制造技术

王 冲, 宋建农^{*}, 李永磊, 董向前, 王继承, 张军奎

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘 要: 型孔排种轮是机械式排种器的核心部件, 利用传统方法加工不规则型孔很难满足精度和成本的要求。三维打印(3DP)技术不同于传统加工方法, 其是从零件的 CAD 模型出发, 直接打印出物理实体。本文运用三维软件 Pro/E 对型孔排种轮进行建模, 把模型文件导入三维打印机前处理软件内进行分层处理, 并通过三维打印机打印出物理实体。三维打印技术缩短了试制时间, 并且不受零件复杂程度的限制, 制造出的型孔排种轮加工精度满足要求, 该技术在复杂农机产品设计与制造中应用前景广阔。

关键词: 农业机械, 型孔排种轮, 三维打印技术, 建模, 快速制造

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.020

中图分类号: S223.2⁺4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0108-04

王 冲, 宋建农, 李永磊, 等. 基于三维打印的型孔排种轮制造技术[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 108—111.

Wang Chong, Song Jiannong, Li Yonglei, et al. Manufacture of type holes wheel based on three dimensional printing technology[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 108—111. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

精密播种机按照其工作原理主要分为气力式、振动式和机械式^[1]。由于价格及可靠性的优势, 机械式播种机仍是市场上的主要机型^[2-3]。型孔排种轮是机械式排种器的核心部件, 设计出满足要求的型孔多为不规则的。对于型孔排种轮的加工, 采用便于加工的规则型孔不能满足所有作物的播种要求; 若想满足播种质量要求, 传统的加工方法主要是开模铸造, 或利用多轴联动加工中心, 但传统的加工方法难度大, 加工成本高。随着快速成型(rapid prototyping, RP)技术的成熟, 利用方便、快捷的三维打印(three dimensional printing, 3DP)技术进行型孔排种轮的加工制造成为可能。

三维打印(3DP)技术是一种基于喷射技术, 从喷嘴喷射出液态微滴或连续的熔融材料束, 按一定路径逐层堆积成形的 RP 技术。基于喷射技术的三维打印成形(3DP)技术由于其设备和材料便宜、运行成本低、操作简单、成形无污染、适合办公室环境, 且打印速度快, 可制作精细、复杂的零件, 已成为近年来 RP 行业研究和应用的热点。该技术已在工艺品制作业、模具工业、医学工程、制药工业、汽车工业和航天工业等多领域都有广泛的应用^[4]。

本文运用三维软件 Pro/E 创建型孔排种轮的虚拟模型

(看得见, 摸不着), 并把模型文件导入三维打印机前处理软件内进行分层处理, 并通过三维打印机打印出物理实体(看得见, 摸得着)。利用三维打印(3DP)技术不仅解决型孔排种轮加工制造的问题, 也为其他复杂农机产品(如犁体曲面、旋耕机旋刀、喷灌头、水泵叶轮和送料螺旋等)设计与制造提供了广阔应用前景。

1 3DP 技术的工作原理及过程

1.1 3DP 成形技术的基本原理

三维打印也称粉末材料选择性黏结, 其工作原理: 喷头在计算机的控制下, 按照截面轮廓的信息, 在铺好的一层粉末材料上, 有选择性地喷射黏结剂, 使部分粉末黏结, 形成截面层。一层完成后, 工作台下降一个层厚, 铺粉, 喷黏结剂, 再进行后一层的黏结, 如此循环形成三维产品。黏结得到的制件要置于加热炉中, 作进一步的固化或烧结, 以提高黏结强度^[5]。

1.2 3DP 成形工艺的工作过程

3DP 技术是一个多学科交叉的系统工程, 涉及 CAD/CAM 技术、数据处理技术、材料技术、激光技术和计算机软件技术等, 其成形工艺过程包括模型设计、分层切片、数据准备、打印模型及后处理等步骤。

在采用 3DP 设备制件前, 必须对 CAD 三维模型进行数据处理。由 UG, Pro/E 等三维软件生成 CAD 模型, 并输出 .stl 文件, 必要时需采用专用软件对 .stl 文件进行检查并修正错误。但此时生成的 .stl 文件还不能直接用于三维打印, 必须采用前处理软件对其进行分层。层厚大, 精度低, 但成形时间短; 相反, 层厚小, 精度高, 但成形时间长。分层后得到的只是原型一定高度的外形轮廓, 此时还必须对其内部进行填充, 最终得到三维打印数据

收稿日期: 2010-07-10 修订日期: 2010-11-02

基金项目: “十一五”国家科技支撑项目(项目编号: 2006BDA28B00-05)

作者简介: 王 冲(1983—), 男, 辽宁营口人, 博士生, 中国农业工程学会会员(E040000008A)。Email: Wangchong1983@163.com

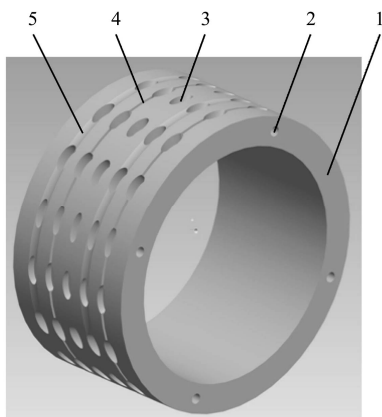
^{*}通信作者: 宋建农(1961—), 男, 河北藁城人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业装备工程以及农业机械设计理论。mail: songjn@cau.edu.cn

文件^[6]。

3DP 具体工作过程依次为：采集粉末原料；将粉末铺平到打印区域；打印机喷头在模型横截面定位，喷黏结剂；送粉活塞上升一层，实体模型下降一层以继续打印；重复上述过程直至模型打印完毕；去除多余粉末，固化模型，进行后处理操作^[7]。

2 型孔排种轮三维模型的创建

型孔排种轮主要由轮体、型孔、清种槽和导种槽等组成（图1），总体积约为 150 cm^3 ，轮体外径 $\Phi 100 \text{ mm}$ ，内径 $\Phi 80 \text{ mm}$ ，厚度 50 mm ，其两侧分别开有4个安装孔 $\Phi 4 \text{ mm}$ ，表面分别有相同5排型孔组合，每排型孔组合有16个大小和位置都不同的椭圆形型孔（图2），椭圆长轴为 $9.5 \sim 11 \text{ mm}$ ，短轴为 $3.5 \sim 5 \text{ mm}$ ，深度为 $2.5 \sim 4 \text{ mm}$ ，均匀分布在排种轮的圆周上。其中，有2排型孔组合开有清种槽，另2排型孔组合开有导种槽。



1.轮体 2.安装孔 3.型孔 4.清种槽 5.导种槽

图1 型孔排种轮三维模型

Fig.1 Three-dimensional model of type holes wheel

应用三维软件 Pro/E 分别对轮体、安装孔、型孔、清种槽和导种槽进行参数化建模。

创建模型步骤如下：

创建轮体：1）拉伸（extrude，填充材料）外径 $\Phi 100 \text{ mm}$ 轮体，其厚度为 50 mm ；2）拉伸（extrude，去除材料）内径 $\Phi 80 \text{ mm}$ 内轮廓。

创建安装孔：1）拉伸（extrude，去除材料） $\Phi 4 \text{ mm}$ 安装孔；2）在轮体一面沿圆周阵列（array）；3）对一面的安装孔镜像（mirror）到轮体的另一面。

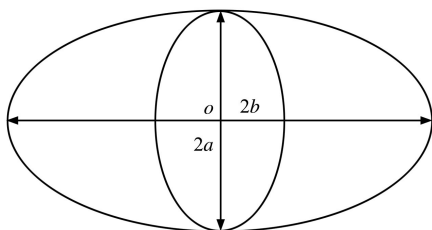


图2 椭圆型孔截面图

Fig.2 Section of ellipse type hole

创建型孔：1）建立基准平面，草绘二维椭圆，拉伸（extrude，去除材料）一个椭圆型孔；2）沿圆周复制（vieq）15个椭圆型孔，圆周分布的16个椭圆型孔相互独立，每一个型孔能够单一进行参数的修改；3）16个在同一圆周面上的型孔群为一组，沿轴方向均匀阵列（array）每组型孔群成5排。

创建清种槽和导种槽：1）旋转（rotate）；2）沿轴方向阵列（array）。

模型创建完成后，保存为 .stl 文件格式，命名为 xingkong，步骤：文件（File）—保存副本（save as）—xingkong.stl，其中，设定弦高为0，然后该值会被系统自动设定为可接受的最小值。设定角度控制（Angle Control）为1。

3 型孔排种轮的制造

3.1 打印设备及前处理软件

打印设备为美国 Stratasys 公司的 Dimension Elite 三维打印机（图3）。Elite 机型为 Dimension 三维打印机系列中最高端的型号。其最大打印尺寸为 $203 \text{ mm} \times 203 \text{ mm} \times 305 \text{ mm}$ ，精度达到 0.08 mm ，设备使用高强度材料 ABSPlus，密度为 1.08 g/cm^3 ，成本仅为 1 元/cm^3 ，其强度达到原有 ABS 材料的 140%，以及最新的 SST（溶解式支撑系统）系统。支撑材料在打印完毕后可以通过特定的溶液进行清理，将成型样件的表面光滑度与可测试性提升到一个新的高度，打印出成品的全过程无需任何手工处理工序^[8-9]。

前处理分层软件为随机配置 CatalystEX 模型分析计算软件，通过该软件可以随意修改模型的分层参数和放置位置等，自动计算出消耗的材料及加工时间，并能够实现与打印机网络连接。



图3 Dimension Elite 三维打印机

Fig.3 Three-dimensional printer

3.2 型孔排种轮的制造

型孔排种轮制造过程：1）型孔排种轮模型 xingkong.stl 文件；2）前处理软件；3）三维打印机；

4) 型孔排种轮物理实体。

把保存的 xingkong.st 文件在 CatalystEX 模型分析计算软件中打开, 设置分层参数, 并进行分层处理, 并通过安装了该软件的电脑与 Dimension Elite 三维打印机进行网络连接, 把分层处理后的文件传输到打印机内部。打印机的工作前期准备完成后, 读取传输到内部的文件, 进行打印。

经过一段时间的工作, 三维打印机制造的类型孔排种轮一次成型, 其分层处理效果及加工后实体如图 4、图 5 所示。利用精度为 0.05 mm 的游标卡尺分别测量每个型孔排种轮参数 10 次, 求其平均值, 得到加工误差 $<0.1\%$; 利用 SJ-201 表面粗糙度检测仪表面粗糙度 R_a : 1.6~3.2; 采用高强度材料 ABSPlus 的类型孔排种轮耐磨性好, 完全满足排种器对型孔排种轮的耐磨强度要求。该型孔排种轮总体积为 150 cm^3 , 材料价格为 150 元左右, 加工时间为 8~9 h (加工时间长短与分层参数有关), 该加工方式价格合理, 节约加工时间。

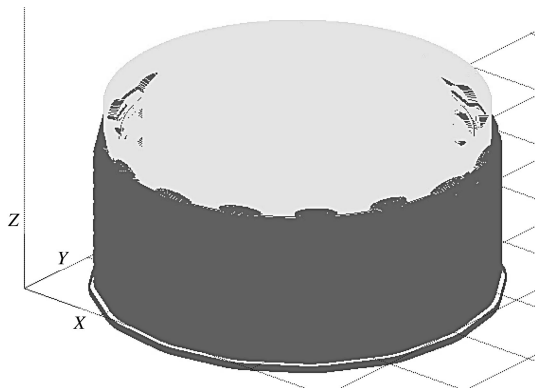


图 4 型孔排种轮分层处理效果图
Fig.4 Slicing chart of type holes wheel

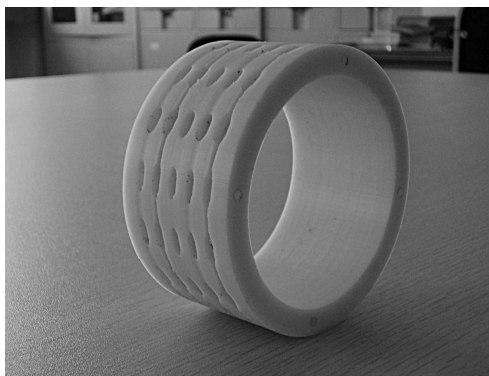


图 5 型孔排种轮物理实体
Fig.5 Physical entity of type holes wheel

4 结 论

1) 传统方法对不规则型孔的加工周期长, 精度低; 而利用三维打印 (3DP) 技术对不规则型孔的排种轮进行

加工制造, 加工误差 $<0.1\%$, 表面粗糙度 1.6~3.2, 缩短了加工周期, 提高了加工精度, 完全满足排种器对型孔排种轮的要求。

2) 利用三维打印 (3DP) 技术不仅解决型孔排种轮加工制造的问题, 也为其他较复杂形状的农机产品设计与制造提供了广阔应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 周海波, 马旭, 姚亚利. 水稻秧盘育秧播种技术与装备的研究现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 301—306.
Zhou Haibo, Ma Xu, Yao Yali. Research advances and prospects in the seeding technology and equipment for tray nursing Seedlings of rice[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 301—306. (in Chinese with English abstract)
- [2] 王冲, 宋建农, 王继承, 等. 链传动水稻穴盘精密播种机的研制[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(6): 87—90.
Wang Chong, Song Jiannong, Wang Jicheng, et al. Design of rice seeder for soft hill seeding nursery box with chain drives[J]. Journal of China Agricultural University, 2009, 14(6): 87—90. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王冲, 宋建农, 王继承, 等. 机械式排种器同步柔性皮带护种器的设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 107—111.
Wang Chong, Song Jiannong, Wang Jicheng, et al. Design of synchronization flexible belt protecting device for metering device[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(10): 107—111. (in Chinese with English abstract)
- [4] 杨小玲, 周天瑞. 三维打印快速成形技术及其应用[J]. 浙江科技学院学报, 2009, 21(3): 186—189.
Yang Xiaoling, Zhou Tianrui. Three dimensional printing prototyping rapidly technology and its application[J]. Journal of Zhejiang University of Science and Technology, 2009, 21(3): 186—189. (in Chinese with English abstract)
- [5] Dimtirov D, Schreve K, De Beer N. Advances in three dimensional printing-state of the art and future perspective[J]. Rapid Prototyping Journal, 2006, 12(3): 136—147.
- [6] Leong K F, Cheah C M, Chua C K. Solid Free-form fabrication of three-dimensional scaffolds for engineering replacement tissues and organs[J]. Biomaterials, 2003, 24(13): 2363—2378.
- [7] 魏正英, 唐一平, 卢秉恒. 滴灌管内嵌管状滴头的快速制造方法研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 55—58.
Wei Zhengying, Tang Yiping, Lu Bingheng. Rapid manufacturing method of drip irrigation pipe in-line tubular emitter based on rapid prototyping & manufacturing technique[J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(2): 55—58. (in Chinese with English abstract)
- [8] Stratasys Corp. Dimension 3D Printers[EB/OL]. <http://www.dimensionprinting.com/3Dprinting.html>, 2004.
- [9] 3DP is not a dream[EB/OL]. http://www.e-works.net.cn/interview/leader_153.htm, 2010.

Manufacture of type holes wheel based on three dimensional printing technology

Wang Chong, Song Jiannong^{*}, Li Yonglei, Dong Xiangqian, Wang Jicheng, Zhang Junkui

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Type holes wheel is a core component of mechanical seed metering device, traditional manufacture method for the irregular type holes can not meet the requirements of accuracy and cost. Three dimensional printing (3DP) technology is different from the traditional manufacture method. The physical entity can be directly printed out by 3-D printer from the CAD model. Type holes wheel was modeled by the three-dimensional software Pro/E, and the model file was imported into 3D printer after converted by the pre-processing software. With three-dimensional printing technology, the type holes wheel can meet accuracy requirement, reduce the trial time, which were restricted by the complexity parts before. Three dimensional printing (3DP) technology can be applied in the design and manufacture of complexity and important agricultural products.

Key words: agricultural machinery, type holes wheel, three dimensional printing (3DP) technology, models, rapid manufacturing