

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.04.011

基于3D打印的离心泵叶轮压蜡模具 快速制造工艺研究*

邵中魁,姜耀林*,何朝辉,郑儒宏
(浙江省机电设计研究院有限公司,浙江 杭州 311305)

摘要:针对精铸行业中复杂形状压蜡模具难以快速制造问题,以开式离心泵叶轮为应用范例,开展了基于3D打印技术的压蜡模具快速制造工艺研究。首先基于Pro/E软件依次建立了叶轮模型、创建工作件、创建分型曲面、抽取模具元件并进行了优化设计,然后将该模具模型导入RPData软件进行了前处理,再导入激光快速成型机直接3D打印成形,得到了树脂模具,将该树脂模具后处理后再在其内部填充金属树脂混合物,得到了金属树脂模具,最后以该金属树脂模具进行了压蜡,即制得了离心泵叶轮蜡模。研究表明,该快速压蜡模具压制的叶轮蜡模的尺寸精度可达0.1 mm,表面粗糙度可达 $Ra6.3\ \mu\text{m}$ 。

关键词:3D打印;快速模具;光固化;压蜡;叶轮

中图分类号:TH164

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)04-0434-04

Rapid wax injection mold manufacturing process of centrifugal pump impeller based on 3D printing technology

SHAO Zhong-kui, JIANG Yao-lin, HE Chao-hui, ZHENG Ru-hong
(Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd., Hangzhou 311305, China)

Abstract: Aiming at the problem that wax injection mold with complex shape can not be rapid manufactured in precision casting industry, a rapid wax injection mold manufacturing process based on the 3D printing technology was studied, with an unshrouded centrifugal pump impeller as the application example. Firstly the impeller model was established, the workpiece and the parting surface were created, and the mold models were created and optimized in turn by Pro/E. Secondly the mold models were pre-processed by RPData. The resin molds were directly produced by the 3D printer with the imported models. Then the metal resin molds were produced by filling metal resin mixture into the inside of the resin molds after post-processing. Finally the centrifugal pump impeller wax models were produced by injecting the wax material into the metal resin molds. The results indicate that the dimensional accuracy of the wax models can reach 0.1 mm and the surface roughness can reach $Ra6.3\ \mu\text{m}$.

Key words: 3D printing; rapid mold; SLA; wax injection; impeller

0 引言

熔模精密铸造是一种应用广泛的近净成形工艺,特别是在高精度、复杂结构铸件生产过程中具有不可替代的优势^[1]。熔模精密铸造生产的第一个工序就

是制造蜡模,该蜡模即为熔模,一般采用金属模具作为压型来制造蜡模。传统的数控加工、电火花加工等模具制造方法的制造成本高、开发周期长,较适用于传统大批量生产方式,但是难以适应现代个性化、小批量的生产方式^[2]。

收稿日期:2015-11-12

基金项目:浙江省重大科技专项重大工业资助项目(2013C01127-5);浙江省公益技术研究工业资助项目(2016C31054)

作者简介:邵中魁(1988-),男,浙江浦江人,硕士研究生,主要从事光固化3D打印应用技术研究。E-mail: zkshao1988@163.com

通信联系人:姜耀林,男,教授级高级工程师。E-mail: jyl5133@163.com

中国模具行业技术协会在模具行业“十二五”发展规划中指出,进一步缩短模具制造周期,重点发展新型快速经济模具,是模具发展的下一个目标^[3]。因此,有效缩短模具开发周期并降低模具制造成本对于满足现代社会快速多变的市场需求具有极为重要的意义^[4]。

3D 打印技术是制造业领域正在迅速发展的一项新兴技术,它不需要传统的刀具、夹具及多道工序,仅利用三维设计数据在一台设备上即可快速而精确地制造出任意复杂形状的零件^[5-6]。依据打印方式与打印材料的不同,3D 打印技术可分为不同的种类。其中光固化 3D 打印技术的加工精度较高,它以光敏树脂为加工原料,采用分层制造的原理,利用紫外激光束对光敏树脂进行逐层扫描固化,直至整个零件制作完成^[7]。

笔者以开式离心泵叶轮为应用范例,研究一种基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺,主要技术路线为:首先设计压蜡模具三维模型,再将该模具模型直接 3D 打印成形得到树脂模具,并在模具内部填充金属树脂材料,最后采用该模具在压蜡机上压制离心泵叶轮蜡模。

1 模具 CAD 优化设计

首先本研究基于 Pro/E 软件建立离心泵叶轮三维模型,以该离心泵叶轮模型为参照模型,创建一个能够完全包容该参照模型的工件,该工件形状设计为标准圆柱形,且外形尺寸设计为 $\Phi 190\text{ mm} \times 55\text{ mm}$,使得工件包容叶轮模型后径向半径尺寸约留有 15 mm 余量,轴向高度尺寸约留有 10 mm 余量,离心泵叶轮三维模型如图 1 所示。

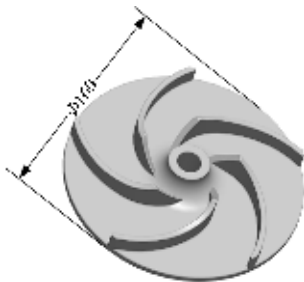


图1 离心泵叶轮三维模型

为了便于后续模具开模方便,本研究选择离心泵叶片轴向方向为模具开模方向,并创建分型曲面如图 2 所示。

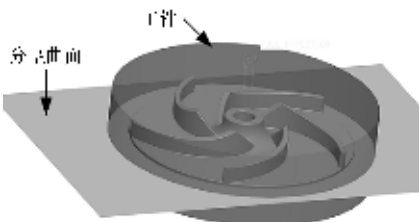


图2 创建分型曲面

本研究利用该分型曲面将前述创建工件分割为 2 个体积块,并分别抽取模具元件,得到上模具与下模具,并分别对该上、下模具进行结构优化设计。

本研究完成模具结构优化设计后,为检查该模具开模时的干涉情况,创建仿真开模,模具打开效果如图 3 所示。

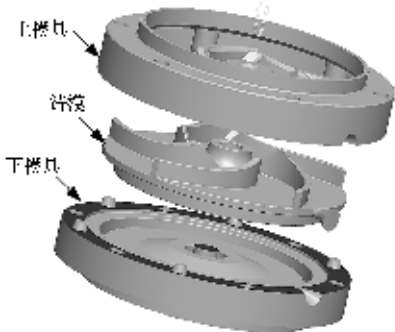


图3 模具打开效果图

由图 3 可见,该模具开模过程中不存在干涉情况,可顺利开模。

2 模具 3D 打印成形

本研究将完成优化设计后的上、下模具模型导入 RPDdata 软件进行前处理,设置上、下模具底面朝下,将其并排放置在工作台平面中心位置,并分别为上、下模具设计辅助支撑,完成前处理后的上、下模具如图 4 所示。

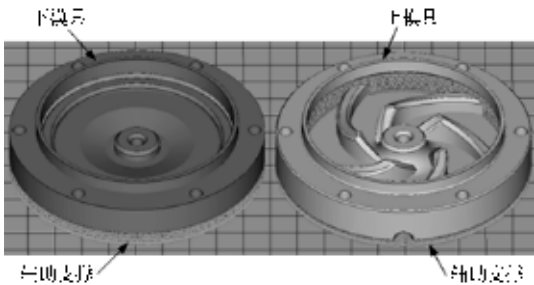


图4 模具模型前处理

本研究将上、下模具模型分别进行分层处理,分层厚度设置为 0.1 mm,分层后转换成激光快速成型机可以识别的数据格式并导入,然后在 RpBuild 工艺控制软件中设置好工艺参数后开始直接 3D 打印成形。

本研究将打印成形的树脂模具依次进行清洗、去支撑、打磨、后固化等后处理工序,完成后处理后的树脂上、下模具如图 5 所示。

3 模具内部填充

因前述制得的树脂上、下模具为抽壳中空结构,为

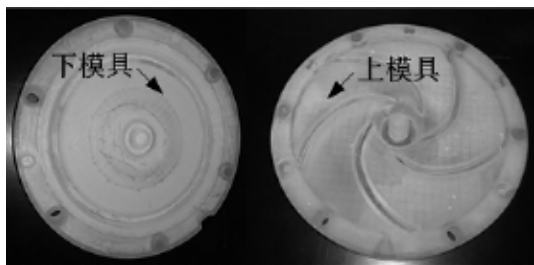


图 5 树脂模具完成后处理

提高树脂模具强度、提高树脂模具使用寿命,本研究将采用环氧树脂与铁粉填充模具。

环氧树脂是一类重要的高分子化合物,由于分子结构中含有活泼的环氧基团,使它们可与多种类型的固化剂发生交联反应而形成不溶的具有三向网状结构的高聚物。固化后的环氧树脂具有良好的物理、化学性能,被广泛应用于国防、国民经济各部门^[8]。

本研究将环氧树脂、固化剂以及铁粉以一定的重量比例置于同一个玻璃容器中混合并充分搅拌均匀,再将该金属树脂混合液依次倒入树脂上、下模具的内部空腔结构中,在重力作用下该金属树脂混合液自动填充树脂模具内部空腔结构^[9]。

待该金属树脂模具静置 24 h 后,模具内部填充的金属树脂完全固化,得到金属树脂上、下模具分别如图 6、图 7 所示。



图 6 金属树脂上模具



图 7 金属树脂下模具

4 压制蜡模

本研究将上述制得的金属树脂上、下模具精确定位合模,保证上、下模具的注蜡孔在同一位置,并用螺栓连接固定,以保证上、下模具边缘紧密贴合,防止注蜡过程中产生泄露。

本研究将该合模后的金属树脂模具放置在压蜡机工作台上,设置压蜡机的蜡料温度为 54 ℃,注蜡压力为 0.3 MPa,将压蜡机的注蜡喷嘴插入该树脂模具的注蜡孔,开始注蜡,如图 8 所示。



图 8 注蜡

本研究待蜡料充满树脂模具后停止注蜡,保压 8 min,再打开上、下模具,取出蜡模,如图 9 所示。



图 9 取出蜡模

笔者以该蜡模为熔模进行熔模精密铸造,即可制得离心泵叶轮金属铸件。

5 蜡模精度测量

为了检验本研究的“基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺”具体可以达到的“尺寸精度”及“表面粗糙度”这两项性能指标,现笔者对前述制得的离心泵叶轮蜡模分别进行尺寸精度测量及表面粗糙度测量。

首先是尺寸精度测量。本研究选择叶轮模型 4 个具有代表性且便于测量的尺寸进行测量,尺寸测量示意图如图 10 所示。

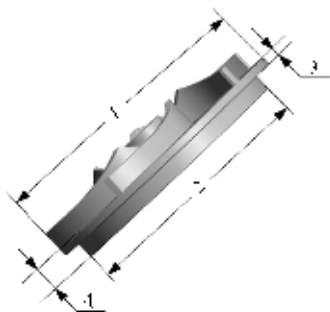


图 10 尺寸测量示意图

理论值为离心泵叶轮参照模型尺寸与根据实验所得的平均收缩率相乘后的计算值,实测值为离心泵叶轮蜡模的尺寸测量值,绝对误差为实测值与理论值之差。所测 4 个尺寸的绝对误差都在 0.1 mm 之内,说明本研究的“基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺”制得的蜡模尺寸精度可达 0.1 mm。

尺寸测量结果如表 1 所示。

表 1 蜡模尺寸测量结果

序号	理论值/mm	实测值/mm	绝对误差/mm
1	$\Phi 158.13$	$\Phi 158.09$	-0.04
2	$\Phi 138.36$	$\Phi 138.42$	+0.06
3	4.94	4.93	-0.01
4	14.82	14.85	+0.03

再测量叶轮蜡模的表面粗糙度。本研究在离心泵叶轮蜡模表面分别随机选择均匀布置的 20 个点进行表面粗糙度测量。蜡模表面粗糙度范围为 2.68 μm ~ 5.82 μm ,说明本研究的“基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺”制得的蜡模表面粗糙度可达 Ra6.3 μm 。

粗糙度测量结果如表 2 所示。

表 2 蜡模表面粗糙度测量结果

序号	实测值/ μm	序号	实测值/ μm	序号	实测值/ μm
1	3.76	8	4.50	15	4.62
2	3.28	9	3.92	16	3.96
3	2.84	10	4.26	17	5.82
4	4.30	11	2.68	18	3.10
5	3.46	12	4.90	19	3.78
6	5.02	13	3.42	20	3.98
7	3.64	14	3.48	/	/

6 结束语

(1)笔者研究了一种基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺,且其主要工艺过程归纳如下:首先以离心

泵叶轮三维模型作为参照模型抽取上、下模具元件,并进行结构优化设计,得到上、下模具三维模型;然后将此上、下模具模型前处理后导入激光快速成型机直接 3D 打印成形并进行后处理,得到上、下模具树脂原型;再在该树脂模具内部填充金属树脂混合物,静置固化后得到金属树脂模具;最后采用压蜡机往该金属树脂模具内部注蜡,即可制得离心泵叶轮蜡模。

该基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺采用 3D 打印技术直接 3D 打印成形树脂模具,将有效缩短模具制造周期,减少模具制造成本,可以快速、经济地实现复杂形状零件的小批量熔模精密铸造,具有良好的产业化应用前景。

(2)该基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺,所制得的蜡模尺寸精度可达 0.1 mm,表面粗糙度可达 Ra6.3 μm 。

(3)该基于 3D 打印的压蜡模具快速制造工艺具有很强的通用性,除了离心泵叶轮零件以外,该工艺也可以广泛应用于其他零件蜡模的小批量快速制造。

参考文献 (References):

[1] 吕志刚. 我国熔模精密铸造的历史回顾与发展展望[J]. 铸造,2012,61(4):347-356.

[2] 薛旷华. RP 技术在熔模铸造中的应用研究[D]. 无锡:江南大学机械工程学院,2007.

[3] 杨东升,李涤尘,鲁中良. 基于光固化快速成型的精铸压蜡模具设计与制造[C]//2012 年增材制造技术国际论坛暨第六届全国增材制造技术学术会议论文集. 武汉:[出版者不详],2012.

[4] 姜耀林,邵中魁,郭 嘉. 基于 3D 打印技术的离心泵叶轮快速精铸工艺研究[J]. 制造业自动化,2015,37(2):153-156.

[5] 王宏忠,李扬帆,张曼茵. 中国 3D 打印产业的现状及发展思路[J]. 经济纵横,2013,29(1):90-93.

[6] 朱 珠,雷 林,罗向东,等. 含能材料 3D 打印技术及应用现状研究[J]. 兵工自动化,2015,34(6):52-55.

[7] 宗学文,刘亚雄,魏 罡,等. 光固化立体造型熔模铸造工艺的研究[J]. 西安交通大学学报,2007,41(1):87-90,95.

[8] 刘大娟,肖建伟,李楦林,等. 快速固化环氧胶用聚酰胺固化剂的合成及性能[J]. 印制电路信息,2013,21(4):54-57.

[9] 孙金平,王延庆,韩 飞,等. 金属树脂快速模具若干关键技术问题研究[J]. 模具制造技术,2007,33(6):65-69.

[编辑:李 辉]

本文引用格式: