

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.03.019

铸造实践教学 3D 打印工艺研究与探索

邢小颖, 汤彬, 马运, 姚启明, 徐江波

(清华大学基础工业训练中心, 北京 100084)

摘要:以 PCM 无模铸型(3D 砂型打印技术)为研究对象,研究了 PCM 工艺过程,分析了 PCM 无模铸型存在的优势。将 3D 打印应用在铸造实践教学,分别从理论和实践两个方面对课程教学方式进行了改革,并取得了良好的教学效果。

关键词:PCM 无模铸型;3D 打印;工艺过程

中图分类号:G642

文献标识码:A

文章编号:1000-8365(2021)03-0239-04

Research and Exploration of 3D Printing Technology in Foundry Practice Teaching

XING Xiaoying, TANG Bin, MA Yun, YAO Qiming, XU Jiangbo

(Basic Industrial Training Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Taking PCM die free casting (3D sand printing technology) as the research object, the process of PCM was studied, and the advantages of PCM die free casting were analyzed. 3D printing was applied in casting practice teaching, and the teaching methods were reformed from theory and practice respectively, and good teaching results were obtained.

Key words: PCM dieless casting mold; 3D printing; technological process

在铸造实习教学中,基于简单的砂型铸造,同时也开展了消失模铸造和无模铸造制造(Patternless Casting Manufacturing,简称 PCM)的教学实践,3D 砂型打印技术,通过采用多元化的教学手段,以学生为主体,注重实践教学,旨在激发学生学习兴趣,培养具有创新精神和工程实践能力的优秀人才,本文主要从 3D 砂型打印环节入手,对其工艺进行研究,从而更好的应用至铸造实践教学。

无模铸型快速制造技术(Patternless Casting Manufacturing,简称 PCM)是将 CAD 计算机三维设计、3D 打印技术与传统砂型铸造工艺有机的结合而设计开发出的一种数字化制造的综合技术。它利用 3D 打印技术的离散/堆积成形原理,采用轮廓扫描、喷射固化工艺,实现铸型的快速直接成形而无需模样,属于增材制造(Additive Manufacturing,简称 AM)技术中的微滴喷射-间接金属(直接铸型)快速制造技术^[1]。其工艺过程为:首先在三维软件中从零件 CAD 模型得到铸型 CAD 模型,并将铸型 CAD 模型保存为 STL 文件格式;通过 Aurora 分层软件将该模型进行分层,得到每层截面信息的层片

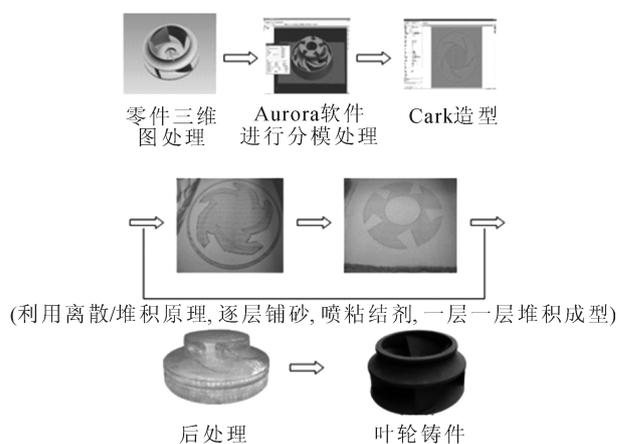


图 1 PCM 工艺过程
Fig.1 PCM process

文件——CLI 文件;再通过 Cark 控制软件将 CLI 文件中的层片信息产生控制运动完成造型过程。

1 Aurora 软件操作

从桌面和开始菜单中的快捷方式都可以启动本软件。软件启动后的界面如图 2。

1.1 载入 STL 模型

STL 格式是快速成形领域的标准,几乎所有的商用 CAD 系统都支持该格式,如 UG, Pro/E, AutoCAD, SolidWorks 等。在 CAD 系统或反求系统中获得零件的三维模型后,就可以将其以

收稿日期:2020-10-19

作者简介:邢小颖(1994—),女,陕西渭南人,学士。研究方向:

石膏型精密铸造,消失模铸造,铸造虚拟仿真。

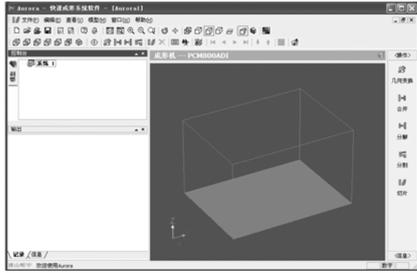


图 2 Aurora 工作界面图
Fig.2 Aurora working interface

维 CAD 模型的表面模型,由许多三角面片组成^[3]。

选择一个 STL 文件后,系统开始读入 STL 模型,并在最下端的状态条显示已读入的面片数 (Facet)和顶点数(Vertex),如图 3。读入模型后,系统自动更新,显示 STL 模型,如图 4 所示。

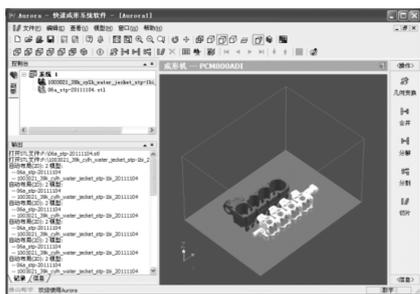


图 3 读入 STL 模型后自动显示
Fig.3 Automatically display after reading STL model

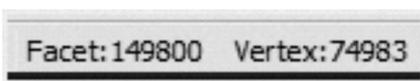


图 4 STL 模型读入进程
Fig.4 STL model reading process

1.2 载入 CLI 模型,进行分层

选择“文件>输入>CLI”可以打开并显示 CLI 模型。

(1)计算支撑 PCM 系列装备无需要作支撑,用户无需设定支撑参数,系统默认即可,此步骤可不作,直接进行分层即可。

(2)分层参数详解 PCM 工艺的层片包括两个部分,分别为原型的轮廓部分,内部填充部分,(支撑部分无需考虑,默认即可)。轮廓部分根据模型层片的边界获得,可以进行多次扫描。内部填充是用单向扫描线填充原型内部非轮廓部分,根据相邻填充线是否有间距,可以分为标准填充(无间隙)和孔隙填充(有间隙)两种模式。标准填充应用于原型的表面,孔隙填充应用于原型内部。参看图 5。

(3)分层 导入多个 STL 或 CSM 模型,空间位置摆放好后,选择菜单“模型>合并”或单击  按钮,多个模型若不合并为一个模型,则只会会有一个文件被分层。参看图 6、7。

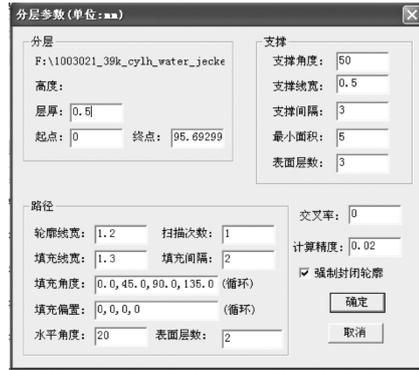


图 5 分层参数对话框
Fig.5 Hierarchical parameter dialog box

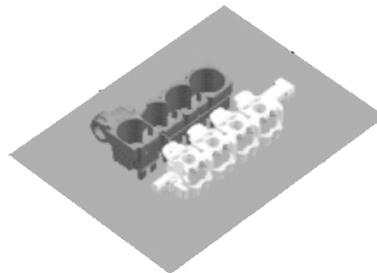


图 6 多个模型合并前
Fig.6 Multiple models before merging

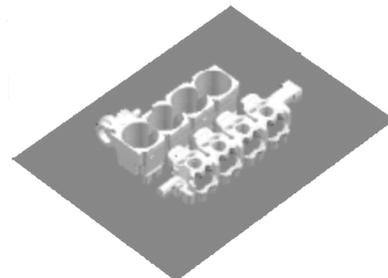


图 7 多个模型合并后
Fig.7 Multiple models after merging

选择菜单“模型>分层”或单击  按钮,启动分层命令。首先提示用户设定分层参数,然后选择保存分层结果的 CLI 文件。之后系统开始计算各个层片。

2 启动 Carck 控制软件

PCM 控制软件 Carck 的使用非常简单,只要双击运行 Fhz1500 图标就可以执行程序了。启动应用程序后,系统显示如下界面(见图 8)。

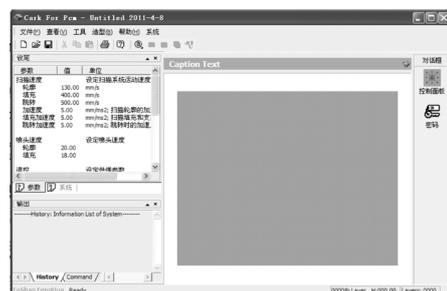


图 8 控制软件(Carck)主窗口
Fig.8 Main window of control software

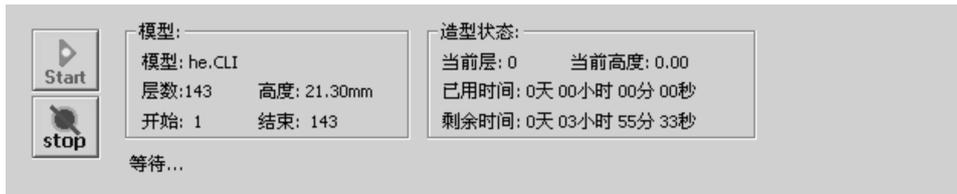


图9 造型状态

Fig.9 Modeling state

从图9看到Cark是一个具有Windows风格的软件。Cark整个设计开发都是在Windows环境下,操作使用非常简单方便。Cark工作界面由3部分构成。上部为菜单和工具条,左侧为工作区窗口,显示工艺参数及系统信息等;右侧为图形窗口,显示二维CLI模型。

3 3D 打印造型

造型的第一步就是初始化系统,然后应按照工艺要求进行操作,造型过程中应严格按操作步骤进行,以免造成事故。下面将详细介绍该菜单的主要功能:

系统初始化:单击“造型>系统初始化”后,系统将自动测试各电机的状态;X、Y轴回原点;自动装载变量文件和运动控制文件等PMAC文件。只有系统初始化后,才可以进行造型。图2~7中左图为未进行系统初始化时的菜单状态;右图为进行过系统初始化后的菜单状态;系统初始化后运动命令和造型等命令才可使用。打开新文件不需要重新进行系统初始化,关闭PCM装备后需要重新进行系统初始化。

造型:单击“造型>造型……”,“选择造型层”可以设定造型的起始层和结束层。当用户全部选择确定后,弹出如图9所示的造型状态对话框。

在图9中单击“Start”按钮启动造型过程。启动后该按钮变为“Pause”,单击该按钮可以让系统随时暂停造型,此时用户可以清理设备。按“Stop”按钮则停止造型,XY轴电机回零点。关闭系统:单击“造型>关闭系统”后,系统将自动关闭温控系统及数控系统。

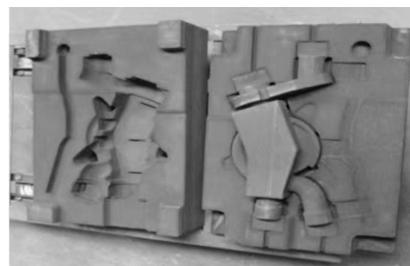


图10 3D 打印铸型

Fig.10 3D printed molds

在背景讲解(包括3D砂型打印的起源,原理,在铸造方面的应用以及未来的展望)和操作演示(包括软件的使用及后处理方法)之后,加入新环节“你们的梦想我来打印”,进行项目式教学,学生自主讨论研发新产品,并进行产品设计开发答辩会,发现问题,找出不足,学生之间互相学习,取长补短,此时机器开始打印所研发产品,打印完毕,取出,最后让学生进行产品后处理。见图10。

4 课程教学方式改革

一方面是理论教学中的改革。在理论教学过程中,对于某些比较抽象的知识,教师要合理利用现代化信息技术,加入三维图像、动画等元素,把教学资源整合为一个形象生动的交互式整体,加深学生对理论知识的理解与掌握。另外,合理安排理论教学内容和时间,将部分时间用作翻转课堂,使学生由被动学习变为主动学习。比如,对学生进行分组设置,安排其进行不同主题的分组报告,主题可以是围绕3D打印技术在某个领域的应用(比如:制造业、航空航天、生物医药、建筑、食品、文物艺术等大领域),进行相关的原理、流程、原材料、设备、优缺点、成形精度优化控制、发展现状和前景等方面的介绍,也可以是创新思维拓展类的,延伸3D打印技术的未来应用领域和应用方式。每组学生课后自行开展相关主题的素材搜集筛选工作,讨论思路,并进行相关PPT或者展板制作;在课堂上,报告组安排主讲人为大家展示素材并进行口头报告,为大家介绍相关主题的知识内容,其他组学生作为听众,可以提出感兴趣的问题,报告组全部组员可以根据自己在课下搜集的素材进行相应回答和讨论。通过这样的方式,无论

是报告组和听众组的学生,都能积极地参与整个过程,有效调动了学生的学习主动性,激发其兴趣点和关注点,也锻炼了学生自主学习和团结协作的能力。而在整个过程中,教师可以辅助指导,如:利用线上方式对其 PPT 给予建议,解答学生的相关问题,帮助其优化;课上主题报告和讨论完成后,教师给予总结评价,提出注意事项,帮助学生提升书面和口头报告的综合能力。

另一方面,是实验教学的改革。利用课程中的实验部分进行创新实践教学,拓展学生的动手能力、自主思考和创新能力,强化理论知识。实验课不只是简单让学生照做一些预先设定好的教学内容和验证性实验步骤,而是可以分成两部分进行:首先让学生参观了解打印设备的结构和工作过程,结合设备讲解基本操作和实验方法,学习相关 3D 打印软件的使用;让学生自己动手,以分组的方式独立完成 3D 打印制作过程。可以从三维模型构建开始,自主设计一些个性化的物品三维模型;根据实际需求,选用合适的 3D 打印技术和设备,正确选择原材料和制定成型工艺方案,最终制备出物品;根据实际打印效果和打印过程出现的问题,结合理论知识,对 3D 打印成型影响因素分析,提出控制缺陷和提高效率的有效措施,并尝试从前期设计参数和打印工艺参数等方面进行优化,开发出满足需求的高效高质量 3D 打印制品。通过实践锻炼,使学生对 3D 打印产生兴趣,在具体的操作中将抽象的理论知识升华,初步掌握将 3D 打印技术运用

于本专业方向进行设计和开发的能力。

5 结语

3D 砂型打印技术是新的工业革命的标志性技术之一,此技术用于铸造,可实现无模铸造,并且在铸造实践教学取得了良好的教学效果。为应对新一轮科技革命与产业变革,我国“新工科”建设被提上日程,这是对高校人才培养和传统工科专业教育的升级和改造,目标是培养工程实践能力强、创新能力强的新兴领域专业人才。3D 打印技术作为一门新兴的材料成型技术,在高校专业教学和培养人才过程中应引起足够的重视。通过保障师资力量,调整教学和考核方式,重视以学生为主体,结合翻转课堂、3D 打印实践等,有效提高学生的学习兴趣和学习效果,进一步提高学生对所学专业知识的理解和掌握,培养学生自主学习、自主实践的能力,对培养具有创新创业精神和较强工程实践能力的优秀人才具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 许廷涛. 3D 打印技术——产品设计新思维 [J]. 电脑与电信, 2012(9):5-7.
- [2] 于彦奇. 3D 打印技术的最新发展及在铸造中的应用[J]. 铸造设备与工艺, 2014(2):1-4.
- [3] 王波,王仙萌. 基于 3D 打印技术的模具制造[J]. 锻压装备与制造技术, 2014(3)78-81.
- [4] 傅俊,殷国强,王泽忠. 在铸造生产中应用 3D 打印技术发展展望[J]. 装备制造与教育, 2014(2):53-56.

均衡凝固技术资料邮购

国家科技成果重点推广计划项目 编号: 1-1-5-3
西安理工大学均衡凝固技术科研成果汇编

铸件充填与补缩工艺定量设计理论与实例



《铸件充填与补缩工艺定量设计理论与实例》是西安理工大学均衡凝固技术科研成果的汇编,被列为国家科技成果重点推广计划项目,编号1-1-5-3。汇编共分6章:第一章 铸铁件均衡凝固与有限补缩。第二章 铸铁件冒口补缩设计。第三章 浇注系统当冒口补缩设计方法。第四章 浇注系统大孔出流理论与设计。第五章 铸钢白口铸铁铝钢合金铸件的均衡凝固工艺。第六章 铸件充填与补缩工艺定量设计实例。可用于铸件浇注系统,冒口补缩系统的定量设计,包括浇口、冒口的位置、大小、个数,冷铁的放置。也可用于对已有铸件浇口、冒口设计的定量评估,及对已产生的铸造缺陷的分析与防治。浇口、冒口的开设要防止几何热节、接触热节、流动热节的重合;在冒口颈处放冷铁消除冒口根缩孔、缩松缺陷;控制浇口截面比实现垂直分型等压等流量设计等技术,通过生产实例给予展现,可供生产应用参考。汇编邮购价160元。

联系地址: 710048 西安市金花南路5号 西安理工大学608信箱

联系人: 李巧凤 13991824906 QQ: 53985132 E-mail:53985132@qq.com

李亚敏 15829361158 QQ: 412008096 E-mail:412008096@qq.com

技术咨询: 魏兵 13609155628