DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.03.022

基于3D打印铸造技术综合实训模式的探索与实践

耿冬妮,贾　帅,寇　莹,吴　超
(吉林大学 机械与航空航天工程学院,吉林 长春 130022)

摘　要:以培养学生的综合创新与实践动手能力为目的,探索了3D打印-铸造模块交叉融合开放实训的教学模式在工程训练中心的应用前景,包含课程体系、运行机制及实训效果等内容。3D打印-铸造两模块交叉融合实训使用包括三维建模、3D打印、熔模铸造等技术进行金属材质的产品制造,能够提高学生的工程实践动手能力、激发学生的综合创新能力。此举有效的推动了工程训练中心的模块建设和实训改革,对于工程训练中心后续全面开展模块交叉融合式的开放工程实训具有一定的借鉴作用。

关键词:交叉融合;开放性;教学模式;3D打印;熔模铸造;逆向工程

中图分类号:TP399; G642.0　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)03-0299-04

Exploration and Practice of Comprehensive Training Model Based on 3D Printing Casting Technology

GENG Dongni, JIA Shuai, KOU Ying, WU Chao
(School of Mechanical and Aerospace Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to cultivate comprehensive innovation and practical ability of students, the application prospect of the teaching mode of 3D printing-casting module cross-fusion open practical training in engineering training center was explored, including course system, operation mechanism and practical training effect. The cross-fusion training of the two modules of 3D printing and casting USES 3D modeling, 3D printing, investment casting and other technologies to manufacture metal products, which can improve the engineering practice ability and stimulate comprehensive innovation ability of students. This move effectively promoted the module construction and practical training reform of the engineering training center, and provided a certain reference for the engineering training center to comprehensively carry out the open engineering training of cross-module integration.

Key words: module union; open experiment; teaching mode; 3D printing; investment casting; reverse engineering

工程训练中心展开的模块交叉融合开放式实训教学,是以学生为主体,通过实训过程中3D打印和铸造技术两模块教学时空的拓展变换,创立了有利于学生能力提高的教学模式,并在实训过程中实施多元化的教学评价方法,学生由原来的被动接受变成主动探索,在探索中发现并获取相关知识[1-3]。随着个体行为的增加和流动性的增强,学生想自由安排学习方式的意愿愈加强烈,开放式的实训教学模式依然成为高校工程训练中心教育改革的必由之路,同时也成为传统授课模式和学生自主学习的巧妙结合[4-6]。教育部下发的《普通高等学校本科教学工作水平评估方案(试行)》中也指出,在实践教学评估指标体系中明确规定实验室要开放,且要求开放时间长、范围及覆盖面广、效果好[7-9]。以往单个模块开放式创新实训的开展做铺垫,吉林大学工程训练中心积极探索工种交叉融合开放实训的教学模式,在整合中心各模块现有教学资源的基础上,实施柔性的开放式实训模式[10]。

1　模块交叉融合培养课程体系

完善的课程体系建立在社会发展和学科发展的基础之上,决定了培养人才知识体系的构建,也是保障和提高工程实训教学质量的关键[11,12]。吉林大学工程训练中心所有模块的开放对象是全校的学生,教学对象涵盖全校机械类、近机械类及部分非机械类学生。模块交叉融合课程体系建立在产品能够实现生产全周期的连续生产工艺工程实训教学资源库基础之上,通过模块之间交叉融合进行实训,如下面

收稿日期:2019-12-25
基金项目:吉林大学2019年度本科本科教学改革研究立项项目(2019XZC047)
作者简介:耿冬妮(1985-),女,山东青岛人,硕士,工程师.研究方向:高等教育教学与管理、3D打印教育教学.
电话:18946587195,E-mail:gengdongni2005@jlu.edu.cn

介绍的3D打印和铸造技术。不同专业的学生实施的教学内容经过教师整合并明确学生在实训过程中的设计方案、技术要点、操作规范等,最终实现多层次、多学科交叉的实训教学。落实到具体实验项目上,需综合考虑实训对象属于不同年级和不同专业等因素,为其设计能够满足不同层次学生要求的实训内容,建立多层次、模块化、综合型的课程体系,并针对学生实训的反馈进行实验大纲、实验指导书及实验报告等教学文档的编制[13]。实训内容的具体分类如下。

(1)认知实训　参加此类实训是大一学生,在实训前需要接受教师讲授基本知识,再进行演示操作。学生认识实训在3D打印模块操作手持式三维扫描仪扫描现有工艺品,获得其虚拟的三维模型,利用蜡模打印机打印模型。在铸造模块教师将打印好的蜡模进行熔模铸造过程演示。实训过程中学生可以直观观察三维扫描,3D打印以及熔模铸造等操作的全过程,获得由实物-虚拟模型-蜡模-金属实物的基本认知过程,并了解各流程技术的工艺。

(2)基础实训　参加基础实训的是有一定专业基础的大二大三机械类、近机械类学生。教师在实训过程中讲述三维扫描仪、蜡模打印机、熔模铸造的基本原理,介绍相关参数与设备操作方法,学生能够按照教学大纲要求操作设备,完成工艺品的复制。

(3)综合创新实训　此类创新实训注重学生综合创新能力的提高,主要面向大三、大四、研究生等机械类学生。这些学生加工的产品通常是利用传统加工方式难以实现,并会出现于某些设计大赛加工的零件,比如,国家级的机械设计创新大赛、大学生工程训练大赛。

3D打印-铸造技术模块交叉融合培养的评估环节是基于学生考核成绩展开的,贯穿于整个模块交叉融合实训教学的始终。而考核成绩的评定控制教学活动的有序进行,主要由学生的实训设计方案、实训课堂表现、实训报告撰写这3个部分决定,根据实训学生类型不同,3部分比重有所调整,同时根据学生实训作品完成情况,建立以学生自评、互评、教师评价相结合的互动性评估体系。

2　运行机制

模块交叉融合实训是一个时间开放、对象开放、层次开放的项目。对于参加实训的学生均可以实行网上预约,实验时间实施“白+黑”、“7×12”的实训场地、设备最大化的开放方案,实现了覆盖学生范围广、开放时间灵活等特点。此外,实训项目不受拘束,学生可以在网上提前了解项目介绍,如3D打印和铸造技术的基本知识,实验室各类蜡模3D打印机和消失模铸造技术的基本工艺,以及反求设备的基本原理,操作注意事项等问题。学生依据所参加的实训内容了解大纲的实训要求,认知实训的学生要求其参加完演示型的实训能够撰写实验报告,基础实训的学生能够把提供的模型进行三维扫描-数据处理-蜡模3D打印-熔模铸造等一系列操作,并撰写实验报告,发现问题解决问题;综合创新实训的学生可以自行设计模型,也可以针对实际问题结合逆向工程使用3D打印机打印模型,并进行熔模铸造,例如,竞赛中的产品设计、制做虚拟样机等。实训教学模式由认识感知-基础操作-综合创新3个类别,在内容、层次上呈梯度上升,学习内容交叉融合,对学生灵活驾驭知识的能力提出了挑战[14]。图1,3D-铸造模块交叉融合实训课程体系。

3　实训效果

以参加基础实训的学生操作为例,首先教师简单讲解3D打印,铸造技术的理论知识,学生进行设备操作练习,随机分组,针对不同材质的工艺品进行实践操作。某小组实训提供的初始原型为多种材质

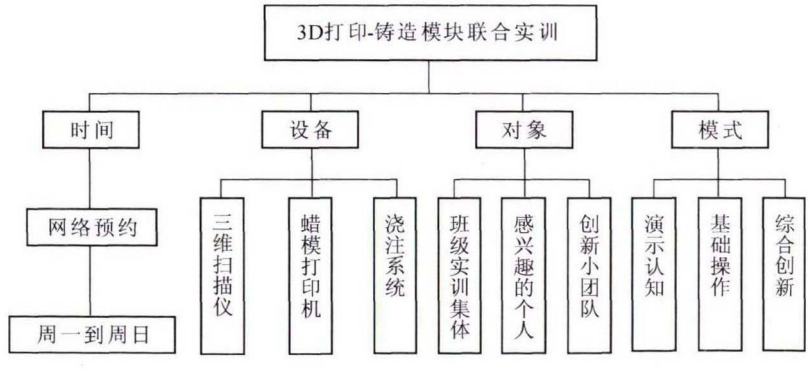

图1　3D-铸造模块交叉融合实训体系
Fig.1　3D-casting module cross fusion training system

组成的工艺品“鼎”，如图 2。由原来工艺品到最终浇铸成金属“鼎”的工艺过程如图 3。

图 2 工艺品原型
Fig.2 Artwork prototype

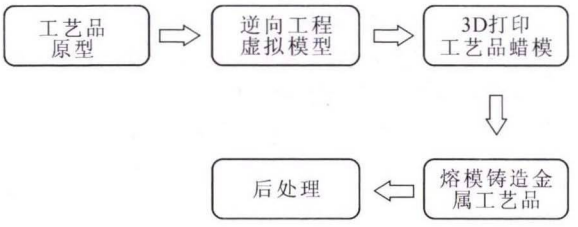

图 3 工艺流程
Fig.3 Process flow

3.1 逆向工程技术获取虚拟模型

利用逆向工程技术获取三维模型，学生使用形创(creamform)的三维扫描仪 -Go! scan300，对工艺品“鼎”进行扫描，按照 1:1 的比例获取其点云数据，并使用形创扫描仪自带工作站中安装的后处理软件“VX element”，对扫描得到的点云数据进行处理，如图 4，将处理后的点云数据保存成“STL”格式的文件。

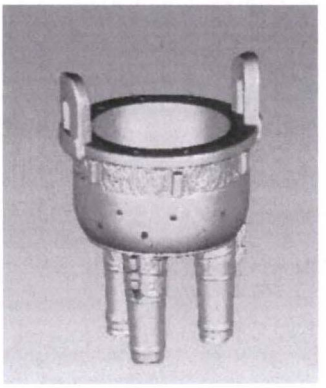

图 4 点云数据文件
Fig.4 Point cloud data file

3.2 蜡模打印机打印模型

交叉融合实训用的蜡模打印机型号为 Formlabs Form2 其打印工艺是 SLA 技术，其构建体积达到了 145 mm×145 mm ×175 mm，可以实现较好的分辨率，最小层厚为 25 μm。打印机使用的材料为液蜡配制而成的丙烯酸酯感光性可熔树脂，这种材料打印的模型可直接用于熔模铸造技术来制造部件。

3D 打印的基本原理是分层打印，逐层叠加[15]。因此在打印之前需要把“鼎”的“STL”文件导入蜡模打印机带的软件中，按照需要进行一系列参数设置，如设置支撑、分层等操作，如图 5。将分层之后的数据传送给 3D 打印机，操作 3D 打印机执行打印任务，打印获得带有支撑的蜡模“鼎”，如图 6，去除蜡模上的支撑材料。

图 5 软件切片图
Fig.5 Software slice drawing

图 6 3D 打印带支撑蜡模
Fig.6 3D printed wax pattern with support

3.3 熔模铸造出金属“鼎”

将 3D 打印的蜡模“鼎”通过熔模铸造技术得到金属材质的工艺品，用电烙铁将可熔树脂与蜡质浇注系统冒口粘结，粘结面一般为非重要面或加工面。实践过程中将蜡件“鼎”的三足分别与蜡质冒口焊接在一起，形成浇注系统与冒口[16]。

对熔模铸造的金属材质工艺品进行后处理，包括清洗石膏、切除浇注系统冒口、超声波二次清洗、打磨、喷砂等工艺。浇注得到的金属工艺品，如图 7，经过处理后的工艺品“鼎”，如图 8。

4 总结

以逆向工程 -3D 打印–先进铸造技术为基础，吉林大学工程训练中心实行了 3D 打印和铸造多个模块交叉融合的开放实训方式，并针对不同层次的

图 7 铸造金属工艺品
Fig.7 Casting metal handicraft

图 8 后处理得到的铸件
Fig.8 Post-processing castings

实训对象探索推行了包含认知实训、基础实训、综合创新实训等内容的开放式实训。通过参加开放式实训，不仅能够使学生更加清晰的了解完整的产品生产工艺流程，同时也能够更大程度的激发学生求知的能动性，提高了学生的工程实践动手能力、夯实了专业基础知识。开放式实训为后续在工程训练中引入 3D 打印–激光加工，智能制造–数控技术等多模块交叉融合实训提供借鉴，为工程实训由以往的单一实训走向新工科背景下的交叉融合实训工程实践提供铺垫。

参考文献：

[1] 皮之军，李建海，于敏，等. 开放式实验教学模式的研究与探索[J]. 实验技术与管理，2010，27(5):27-29.
[2] 熊芳，刘甫，袁新来，等. 基于顶层设计思想的开放实验室模式初探[J]. 实验室研究与探索，2015，34(1):266-269.
[3] 韩同样，刘志明，张若达，等. 开放式工程训练教学模式探索[J]. 实验技术与管理，2016，33(7):8-10,13.
[4] 宋国利，盖功琪，苏冬妹. 开放式实验教学模式的研究与实践[J]. 实验室研究与探索，2010，29(2):91-93，132.
[5] 卢潇. 美国研究型大学国家实验室的科技创新机制 [J]. 大学教育科学，2015(1):110-115.
[6] 王爱华，余艳，霍国良，等. 全开放工程训练教学模式的探索与创新[J]. 实验室研究与探索，2018，37(10):171-175.
[7] 陈立君，杨丽艳. 高校实验室开放保障和激励机制的研究与探索[J].实验室科学，2008(5):135-136.
[8] 魏领会，徐宏海，张超英，等. 开放式工程训练教学探索与实践[J]. 实验技术与管理，2015，32(11):191-193, 226.
[9] 高奇，曾红，张德强. 3D 打印在大学生创新实验中的应用研究[J]. 实验技术与管理，2015，32(11):28-30.
[10] 郑志军，项聪，曹雪璐，等. 开放式工程训练中心建设与管理[J]. 实验室研究与探索，2015，34(7):147-150.
[11] 郑直. 应用型本科院校学生创新能力培养的内涵与路径 [J]. 社会科学家，2016(12):114-118.
[12] 韩同样，刘志明，胡燕士，等. 开放式工程训练与 OBE 教学模式探索[J]. 实验技术与管理，2016，33(5):174-177.
[13] 高淑贞，蔡印，牛立刚，等. 本科生开放性创新实验的探索与实践[J]. 实验室研究与探索，2018，37(7):216-218, 245.
[14] 朱妍妍，李忠新，吕唯唯. 基于 3D 打印技术的开放实验教学模式探索与实践[J]. 实验技术与管理，2017，34(7):192-195.
[15] 张学军，唐思熠，肇恒跃，等. 3D 打印技术研究现状和关键技术[J]. 材料工程，2016，44(2):122-128.
[16] 傅骏，谯攀，王兴芳，等. 逆向工程技术在创意工艺品铸造生产中的实践[J]. 铸造技术，2018，39(3):555-557.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》由西安理工大学魏兵教授编著。共 8 章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书 320 页，特快专递邮购价 226 元。

邮购咨询：李巧凤 029-83222071，技术咨询：13609155628