DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.10.024

工程训练中铸造教学模式及内容的创新与改革

邢小颖,姚启明,汤　彬,马　运,徐江波
(清华大学 基础工业训练中心,北京 100084)

摘　要:随着先进制造技术的发展,实现铸造产品制造的自动化及智能化已成为必然趋势。围绕工程训练中的铸造实践教学模式,重点阐述了消失模铸造和3D精密铸造两种先进实践教学环节的创新和改革;采用创新模式分别从知识和能力方面,对学生的价值塑造进行阐述。结果表明,改革效果显著,对学生的实践能力、创新能力以及学生综合素质提高有利,拓宽了学生对铸造技术在机械化发展方面的了解以及对数字化制造的认知。

关键词:工程训练;消失模铸造;3D精密铸造

中图分类号:G642　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)10-1001-04

Innovation and Reform of Casting Teaching Mode and Content in Engineering Training

XING Xiaoying, Yao Qiming, TANG Bin, MA Yun, XU Jiangbo
(Basic Industrial Training Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: With the development of advanced manufacturing technology, the realization of casting products manufacturing automation and intellectualization has become an inevitable trend. Around the casting practice teaching mode of engineering training, the EPC and 3D precision casting two advanced practice teaching innovation and reform were expounded; The innovation model respectively from the aspects of knowledge and ability, the value of the shape to the student were expounded. The results show that the reform effect is remarkable, to practical ability of student, innovation ability and improve comprehensive quality advantage of student, broaden the students understanding of casting technology in mechanization development and the cognition of digital manufacturing.

Key words: engineering training; EPC; 3D precision casting

在铸造实践教学中,主要有3大模块,其中包括:砂型铸造、消失模铸造和3D精密铸造等,砂型铸造是非常传统的手工造型,将之前训练的整模造型、挖砂造型、分模造型和纪念币设计浇注等四个部分压缩为整模造型分模造型和纪念币设计浇注两个部分,其主要保留纪念币设计浇注环节,因为此环节没有设计特定方向,给学生留有充分发挥的余地,有利于个性展示,教学环节中坚持以学生为主体,并渗入更多创新和创意元素,增强了学生的实践热情,有利于创新事物的出现。除砂型铸造手工造型外,本文将重点详细阐述消失模铸造和3D精密铸造两种先进实践教学环节的创新和改革。

1　消失模铸造实践教学目标及内容

1.1　训练内容与目的

在知识方面,让学生了解消失模铸造技术的原理、应用特点以及基本的工艺流程;学生以团队形式分工合作参与消失模铸造技术的工艺流程实践;通过前期构思、设计、泡沫模型制作到后期浇注、落砂清理、打磨铸件;了解整个消失模铸造技术的工艺流程及技术要点。在能力方面,综合产品是一种基于"学生主体、团队合作、交叉融合"的新型教学模式,不同专业背景的学生以团队合作的方式通过自主构思来实现自己的泡沫模型制作过程,老师在整个过程只起到辅助作用;通过自主构思实现的作品与工程技术相结合,在体现专业特点与个性化兴趣的同时又不失技术挑战;在消失模铸造课程中,不仅培养了学生创新意识,并且使学生感受到团队协作意识的重要性;通过泡沫模型制作、铸件打磨既锻炼了学生工程实践能力又培养了学生的创新精神。在价值塑造方面,通过消失模铸造实习使学生了解到铸件怎样通过工程和工艺的方法来实现。学生亲身体验到工程与人文素质相互交融所带来的成果。过程中指导老师尊重每个学生团队的艺术创作和工艺设计,作品的艺术效果给每位学生带来了喜悦和成就感,为生活带来更多美的载体。

收稿日期:2020-06-02

作者简介:邢小颖(1994-),女,陕西渭南人,学士.研究方向:铸造虚拟仿真,石膏型精密铸造,砂型铸造.
电话:15600647714

实践内容较为广泛，在保证基本技能操作的基础上，消失模铸造最大的优势是具有灵活的自由度，因此学生的设计方向可以很宽广，学生构思设计的泡沫模型基本都可以利用消失模铸造工艺来实现，因此非常利于学生的个性化展示。

1.2 产品图案及技术要求

图 1 的模型是学生以团队的形式利用泡沫板材以及泡沫切割机、锉刀、电烙铁等工具制作而成；它的特点在于学生以团队的形式集构思、设计、实现为一体。难点在于对学生团队协作能力的考验，每个同学要将自己加工完成的泡沫模型最后组装成一个整体的泡沫模型。

1.3 产品制造工艺和加工操作过程

(1)学生以团队的形式进行泡沫模型的构思。

(2)利用泡沫切割机、电烙铁、锉刀、电烙铁等工具实现泡沫模型的制作 较复杂的泡沫模型须先将其分片设计，各片分别操作成型，然后用粘结的方法组合成整体泡沫模型，这样的工艺路线，可充分体现消失模铸造工艺性的灵活性。学生团队将创意模型设计成不同组分，并分别用切割机等制模工作制作成形，再用专用胶水进行粘接，最终得到较为复杂的泡沫模型。

(3)模样簇组装及浇注系统设计 为了使每箱浇注并生产更多的铸件以达到提高生产效率和节约成本的效果，需要将许多模型胶接成模型簇。

(4)模型簇浸涂及烘干 把模型簇浸入耐火涂料中，然后在 30~60 ℃的空气循环烘炉中干燥 2~3 h。

(5)造型及浇注 烘干之后，将模型簇放入砂箱，填入干砂震动紧实，紧实过程中通过同时抽真空操作确保模型簇内部空腔位置和外围的干砂都能够得以紧实。紧实以后的铸型就可进行熔炼浇注操作。

熔融金属浇入铸型后（铸铝温度约在 760 ℃，铸铁约在 1 425 ℃），模型气化其空间位置被金属液体所取代。

在消失模铸造工艺中，浇注速度比传统砂型铸造更为关键。因此为减少每次浇注的差别，最好使用自动浇注机浇注。

(6)落砂清理 浇注之后，铸件在砂箱中凝固和冷却，然后进行落砂。落砂过程是：倾倒砂箱，使铸件和松散的干砂相分离。随后将铸件进行清理、检查并放置到铸件箱中运走。战斗机铸件见图 1。

图 2 是消失模铸造工艺流程。

2 3D 精密铸造实践教学目标及内容

2.1 训练内容与目的

在知识方面，让学生熟悉 3D 精密铸造前期设计切片软件，了解相关设备基本结构、成型工艺、应用范围等。学生通过前期构思、设计戒指、耳环、手链等艺术品模型，通过 3D 蜡模打印机打印，再到最后的灌浆、焙烧、浇注，铸件清理等过程，了解整个 3D 精密铸造的工艺流程及技术要点，最终得到金属艺术品。在能力方面，3D 打印技术与石膏型精密铸造有机结合，增材制造与特种铸造相结合，学生自主设计创新，进行私人定制，让其体验到工艺品制作的乐趣，在培养创新意识的同时，提高学生的工程认知，使技术与艺术完美结合。

在价值塑造方面，3D 蜡模打印，培养学生创新设计和创新制作能力，在实现设计首饰艺术品的过程中可感受创新、艺术和美学元素，在了解工艺技术的同时也了解艺术，给每位学生带来了喜悦和成就感，为生活带来更多美的存在。

2.2 产品图案及技术要求

图 3 是学生自主设计，利用打印机打印出蜡模，进行灌浆、烘焙、浇注等环节，最后得到作品。

2.3 产品制造工艺和加工操作过程

(1)模型设计 所采用的设计软件：Rhino3D、SolidWorks、3dmax 等。见图 4。

(2)制作蜡模并安装蜡树 蜡模制作方式：3D 蜡模打印机、注蜡机、手工雕刻。见图 5、图 6。

(3)灌注石膏浆料及石膏型焙烧，见图 7。

(4)真空浇注 ，见图 8。

(5)石膏清洗及抛光打磨，见图 9。

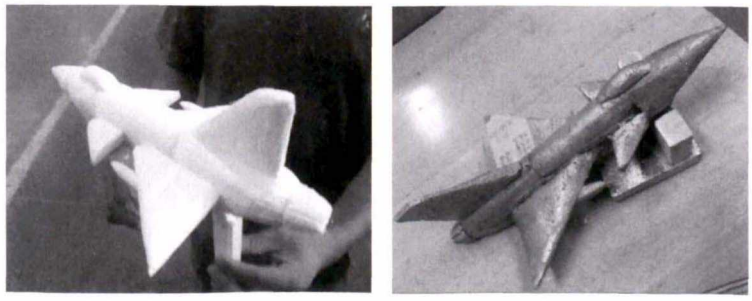


图 1 学生作品战斗机模型及铸件

Fig.1 Fighter Model and casting made by students

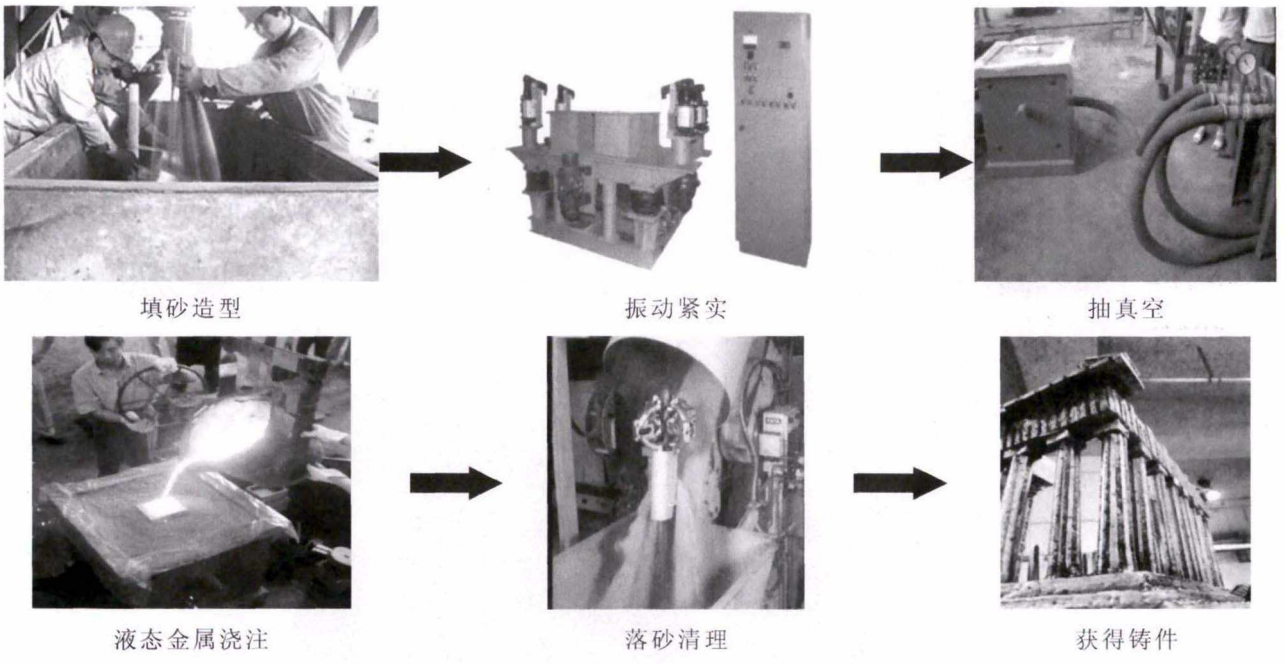


图 2 消失模铸造工艺流程
Fig.2 EPC process flow chart

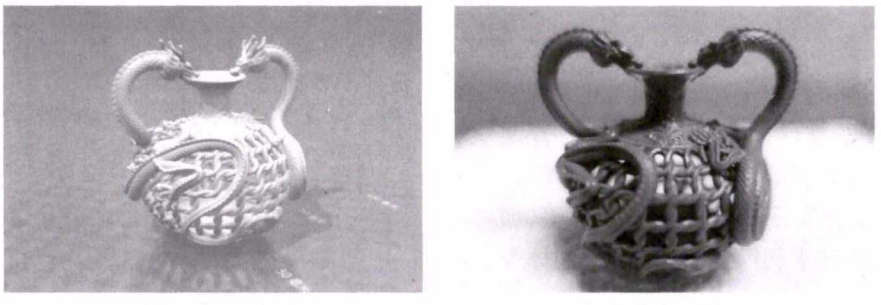


图 3 学生设计图纸及打印蜡模模型
Fig.3 Designed drawing and printing wax model by student



图 4 模型设计
Fig.4 Model design



图 5 3D 打印的蜡模及装配的蜡树
Fig.5 3D printed wax pattern and assembled wax tree

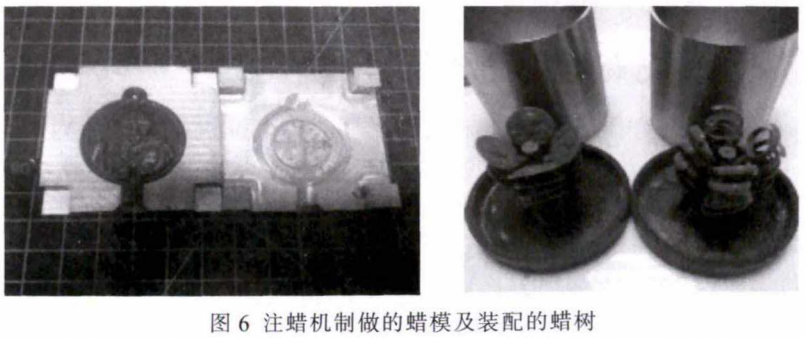


图 6 注蜡机制做的蜡模及装配的蜡树
Fig.6 Wax injection machine made wax pattern and assembled wax tree



图 7 石膏型焙烧
Fig.7 Plaster mold baking





图 8 真空浇注
Fig.8 Vacuum pouring





图 9 得到最终铸件
Fig.9 The final casting

3 结语

铸造实践教学在消失模铸造和 3D 精密铸造中的改革取得了良好的教学效果，受到学生的普遍欢迎，对实验技术工艺的研究和课程的探索都起到了至关重要的作用，综合提升了实验室技术水平，使铸造实践课有更系统的培养，让学生有更深刻的体会。

参考文献：

[1] 李弘英，赵成志. 铸造工艺设计 [M]. 北京：机械工业出版社，2005.

[2] 王文清，李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2002.

[3] 吴平. 3D 打印技术及其未来发展趋势 [J]. 印刷质量与标准化，2014(1)：8-10.

[4] 王广春. 快速成型与快速模具制造技术[J]. 新技术新工艺，2000(9)：30-32.

2021 年《铸造技术》杂志征订启事

《铸造技术》杂志，月刊，1979 年创刊，中国铸造协会会刊，被 20 余家数据库收录。中国标准刊号：ISSN1000-8365/CN61-1134/TG，国内外公开发行，国内邮发代号：52-64，国外发行号：M855。

报道范围：报道国内外铸造领域的先进科技成果、实用工艺技术、生产管理经验以及铸造行业发展动态。内容涵盖铸造成型工艺和铸造材料研究，并兼顾其他金属材料成型方法。

主要栏目：试验研究、工艺技术、生产技术、装备技术、特种铸造、实用成型技术、材料改性、应力控制与理化测试技术、今日铸造、企业精英人物专访等。

发行对象：国内外铸造企业，科研院所，高等学校，铸造原辅材料厂商，设备、仪器厂商，铸件采购商等。

广告范围：刊登铸造设备、熔炼设备、环保设备、铸造原辅材料、检测仪器以及铸件生产、热处理设备、科研成果转让等相关信息。

订阅方式及价格：请从当地邮局订阅，也可以直接从铸造技术杂志社订阅。全年 12 期，每期定价 25 元，平寄全年 300 元(含邮费)，挂号全年 336 元，快递全年 420 元。

欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告

邮购地址：陕西省西安市碑林区友谊西路 127 号西北工业大学凝固楼 301 室

联系人：李巧凤　029-83222071　**电话/传真：**13991824906　**网址：**www.zhuzaojishu.net　**E-mail：**zzjs@263.net.cn

银行汇款：户　名：陕西铸造技术杂志社有限责任公司
账　号：3700 0235 0920 0091 309
开户行：中国工商银行西安市互助路支行