

3D 打印技术在《聚合物模具设计》教学中的应用

肖建华*, 宋仕强, 王锦成

(上海工程技术大学化学化工学院化学实验中心, 上海 201620)

摘要: 《聚合物模具设计》课程是高分子材料与工程专业本科生的必修课之一。为了帮助学生看懂、读懂各种聚合物模具的二维图纸, 提高学生掌握各种聚合物模具结构设计要素, 从而进一步提高学生模具设计的创新能力, 本研究提出了将3D打印技术应用于《聚合物模具设计》课程教学。实践表明: 3D打印技术制备的塑件和模具模型, 可以强化课堂互动, 拓宽学生的空间想象能力, 提高学生的学习效果和创新思维。

关键词: 3D打印技术; 模具设计; 课程教学; 教学改革

中图分类号: 文献标志码: A 文章编号:

The Application of 3D Printing in Polymer Mold Design Course Teaching

(Jianhua XIAO*, Shiqiang SONG, Jincheng Wang)

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: The course "Polymer Mold Design" is one of the compulsory courses for undergraduate students majoring in polymer materials and engineering. In order to help students understand the two-dimensional drawings of various polymer molds, improve their understanding of various mold structure design, and further improve their innovative ability in mold design, this research proposes the application of 3D printing molds to the teaching course "Polymer Mold Design". Practice has shown that the participation of 3D printing molds can strengthen classroom interaction, enhance students' spatial imagination, and improve their learning effectiveness and innovative thinking.

Key words: 3D printing technology; mold design; course teaching; reform in education

1 引言

《聚合物模具设计》是一门理论与实践紧密结合的课程, 其特点是学习紧、任务重, 大量的图纸、新结构、新设计、新模型接踵而来, 学生很难通过课堂内提供的图片、动画或者教学视频资料去理解、消化、吸收复杂的模具结构和模具设计要素, 更不要谈把学科的知识综合起来, 活学活用, 富有创造性、创新性的设计和开发模具。

设计和加工聚合物模具教学模型就显得迫在眉睫。3D 打印具有制造成本低、生产周期短等明显优势, 被誉为“第三次工业革命最具标志性的生产技术”^[1]。3D 打印可以制造传统加工无法制造的奇异结构, 尤其适合各种复杂模型的制作^[2], 且 3D 打印出的模具大小合适、重量轻便、便于拆装和携带。在课堂上使用这样的教学模型, 不仅可以帮助学生提升阅读二维图纸的能力, 而且可以帮助学生加强理解模具的组成结构和设计要点, 加深学生印象进而提高课堂教学质量。本文通过将 3D 打印技术应用于《聚合物模具设计》课程教学, 旨在活跃课堂氛围, 改善传统教学方式方法, 提高教学质量和教学效果。

收稿日期: 2023-04-4

基金项目: 上海工程技术大学教学改革项目(2022)。

第一作者: 肖建华, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为高分子成型加工新技术, xjh3500021002@163.com。

2 3D 打印技术

2.1 3D 打印技术简介

熔融沉积成型技术（Fused Deposition Modeling，简写 FDM）是桌面式 3D 打印技术，它是把高分子材料预先加工成 1.75mm 或 3.00mm 丝状，然后将丝状材料通过 3D 打印喷嘴经加热后挤出。喷嘴在软件控制下沿 CAD 确定的二维几何轨迹以固定的速率进行熔体逐层沉积的方式构造物体^[3]。如图 1 所示：

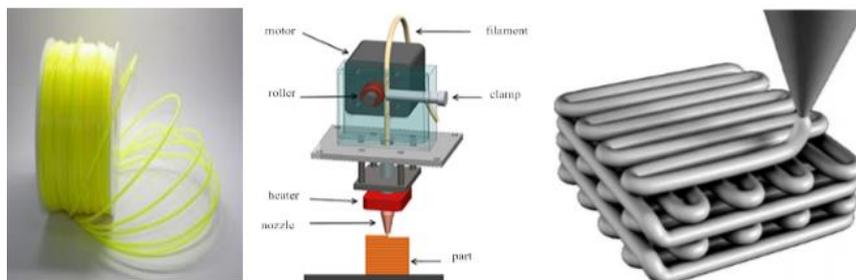


图 1 3D 打印材料、设备及机理

3D 打印也属于典型的无模成型技术（Solid Free Forming，简写 SFF）^[4]，它最大的优点是易实现复杂模型的个性化、量身定制，这个特性使得 3D 打印尤其适合于复杂聚合物模具教学模型的制作。

2.2 3D 打印过程

所设计的模具教学模型可采用 CAD 软件进行计算机辅助设计，然后在 3D 打印机上，实现任意复杂模型的加工制作，加工成本仅取决于打印时间，与模型的复杂程度没有丝毫关系，其具体步骤如图 2 所示：1) 运用 CAD 软件对所设计的模型建模；2) 将模型转换为 3D 打印所需求的 STL 格式；3) 确定模型打印的尺寸、位置和方向；4) 设置相应的打印参数，如层厚、速度、填充率等；5) 无人值守的打印过程；6) 取出制件；7) 人工后处理、打磨抛光；8) 投入使用。

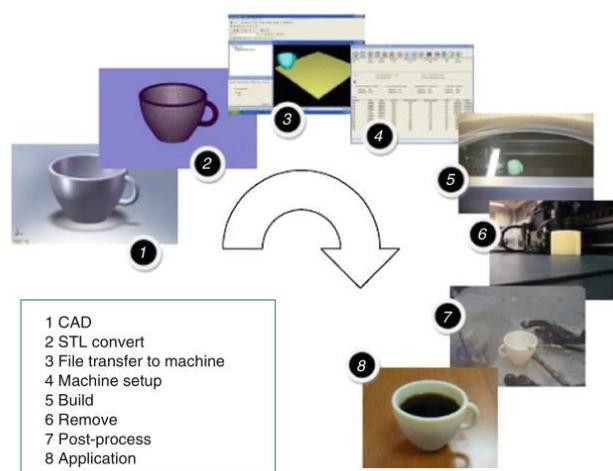


图 2 整个 3D 打印过程^[5]

3 3D 打印聚合物模具模型

3.1 聚合物模具设计

注塑模具由动模和定模两部分组成，动模安装在注射成型机的移动模板上，定模安装在注射成型机的固定模板上。在注射成型时动模与定模闭合构成浇注系统和型腔，开模时动模和定模分离以便取出塑料制品。为了减少繁重的模具设计和制造工作量，注塑模大多采用了标准模架。在 UG 软件中首先绘出塑料制品的 3D 图，然后定义塑件的收缩率，经分型后创建型芯型腔模型，选定推出机构，然后选择标准模架，创建定位圈和浇口套。软件中的设计过程如图 3 所示：

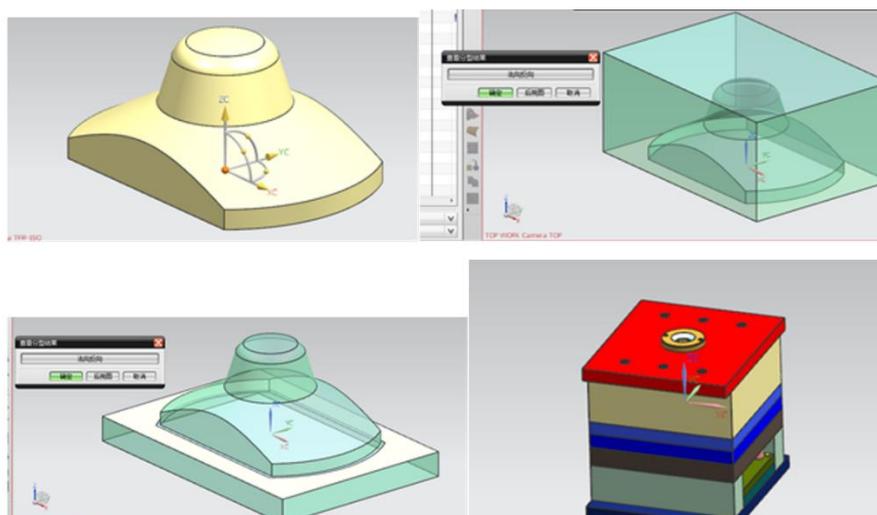


图 3 UG 软件设计中的塑件、型腔、型芯和整套聚合物模具

3.2 注塑模具模型的 3D 打印

聚合物模具结构一般都比较复杂，最典型的是聚合物注射模具，包含浇注系统、成型系统、推出机构、导向系统等。聚合物模具设计教学环节要求学生通过学习掌握模具的基本结构和设计要素，针对一般复杂程度的聚合物制品能够进行成型工艺分析并完成模具结构设计，培养学生综合运用专业知识和实际设计的能力^[6]。

在聚合物模具设计环节中，3D 打印技术可以在以下几个方面发挥作用：

(1) 打印聚合物制件：3D 打印实物对比 CAD 软件中的二维图形，从简单模型到复杂模型，从量变引起质变，大量的实践练习帮助同学提升读图、看图的能力（并分析哪些尺寸是基孔制，哪些是基轴制）。帮助学生从制品选材，分析材料的收缩率对制品尺寸公差和加工精度的影响，提升学生分析产品设计中尺寸精度的要求以及根据尺寸精度要求进行科学选材的能力。

(2) 打印模具的浇注系统：鼓励学生结合聚合物制件在模具内的摆放方向、数量和位置等因素，结合模具内的浇口和分流道的位置、类型、数量，分析各种模具设计方案的优缺点，从而简化模具结构并确定最终模具结构方案^[7]。

下图是注塑模具经过 3D 打印后的图片：



a 浇口套

b 定位圈

c 定模座板



d 定模板

e 动模

f 动模座板



g 顶杆固定板

h 顶板

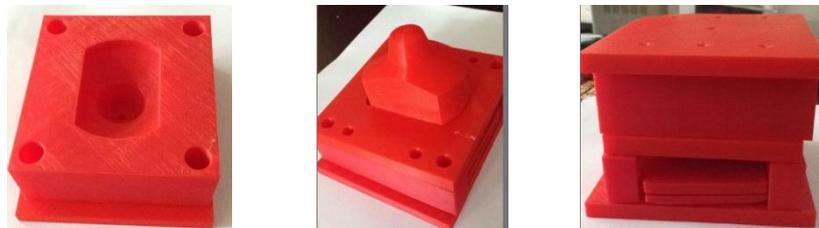
j 垫块



k 动模板

l 推件板

m 型芯



n 定模板

o 动模版

p 整套模具

图 4 3D 打印的聚合物注塑模具

(3) 打印模具的核心零部件: 如型芯、型腔等, 深度理解磨损公差在深度和径向两个方向差异的原因, 以及流体冲刷磨损在型芯、型腔径向尺寸和深度尺寸计算公式中的差别, 正确掌握模具核心零部件的设计要点。

(4) 打印模具的推出机构: 通过对多个 3D 打印的聚合物模具进行塑件分析、流道分析, 引导学生合理选择推出结构可以减少推出机构在塑件外立面留下的疤痕, 并能平稳的推出塑件。另外根据塑件的结构特点, 帮助学生分析并理解侧面、底面、平面、开孔等不同部位所采用的脱模力计算公式, 能指导学生正确的计算脱模力, 合理的设计推出机构^[8]。

(5) 组装模具定模部分和动模部分: 组装的定模方便学生理解型腔的整体式结构、整体嵌入式结构、局部镶嵌结构和大规模镶拼结构类型的选择原则, 组装的动模方便学生理解一模多腔设计中采用动模两块板的必要性。

4 教学实践应用及效果

近年来, 我们将 3D 打印教学模具, 通过模拟模具的开模、取出制品、闭模运动, 使学生更清楚地掌握各种聚合物模具的结构和相应的工作机理。引导学生创新设计模具结构(如通过改动塑件形状简化模具结构、改动推杆形状简化模具推出机构和运动机理、改变塑件在模具内摆放位置解决顺利取出制品的问题等)。通过实物模型讲解此类案例, 有助于培养学生的创新思维和设计能力, 提高学生学习的主动性, 同时也利于教师及时发现并解决学生在设计过程中存在的问题。

3D 打印技术在《聚合物模具设计》课程教学过程中进行了应用。实践证明, 这可以大大拓宽学生思维空间, 增强学生空间想象能力, 提高学习兴趣, 激发学习积极性, 强化课堂互动, 从而使学生能够迅速地掌握聚合物模具设计的要点, 提高了学习效果。

参考文献

- [1] Xiaoyong Tian, Tengfei Liu, Chuncheng Yang. Interface and performance of 3D printed continuous carbon fiber reinforced PLA composites[J]. Composites: Part A, 2016, 88:198-205.
- [2] Akshay Potnuru, Yonas Tadesse. Investigation of polylactide and carbon nanocomposite filament for 3D printing [J]. Progress in Additive Manufacturing, 2019, 4:23-41.
- [3] M. Samykano, S. K. Selvamani, K. Kadirgama. Mechanical property of FDM printed ABS: influence of printing parameters[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 102:2779-2796.
- [4] Xiaokang Yan, Chao Wang, Wei Xiong. Thermal debinding mass transfer mechanism and dynamics of copper green parts fabricated by an innovative 3D printing method [J]. RSC Advances, 2018, 8:10358.
- [5] I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker. Additive Manufacturing Technologies[M]. London: Springer New York Heidelberg Dordrecht, 2010.
- [6] 孙文柱, 曲建岭, 高峰. 3D 打印技术在《航空仪表设备》课程教学中的应用[J]. 教育教学论

坛,2018,39:92-94.

[7] 徐甯,李志君,杜杰. 3D 打印技术在塑料加工成型及模具设计课程群教学改革中的应用探索[J].教改教法,2015,321(7):58-60.

[8]王小新. 3D 打印在塑料制品及模具设计课程教学中的应用探索[J].模具工业,2016,42(11):68-73.