

CAD-CAE 及 3D 打印在《塑料制品设计》课程教学中的应用探索

王小新*, 黄兆阁, 温时宝

(青岛科技大学高分子科学与工程学院, 青岛 266042)

摘要:在工科学生培养过程中引入先进的 CIDO 工程教育模式,对培养学生的实践能力和创新能力具有重要的作用和意义。本文在分析《塑料制品设计》课程教学特点的基础上,将工程实践中广泛应用的 CAE/CAE 技术引入课程教学,并进行了有益的探索,不仅对提高该课程教学效果有重要意义,同时可以促使学生学习和应用 CAD/CAE 软件。在此基础上,将制造业领域迅速发展的 3D 打印技术应用到课程教学,有助于学生了解先进技术,激发学生的学习兴趣并提高学生的创新能力。

关键词:CAD/CAE; 3D 打印; 塑料制品设计; 课程教学

1 CDIO 工程教育模式

CDIO 工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果。从 2000 年起,麻省理工学院和瑞典皇家工学院等四所大学经过四年的探索研究,创立了 CDIO 工程教育理念,并成立了以 CDIO 命名的国际合作组织。其中 CDIO 代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),它以产品的整个生命周期为载体,让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。CDIO 培养大纲将工程毕业生的能力分为工程基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统能力四个层面,要求以综合的培养方式使学生在这四个层面达到预定目标。

我国的工科教育实践中还存在不少问题,如重理论轻实践、重视知识学习而轻视开拓创新能力的培养等。而 CDIO 不仅注重专业知识和实践能力,还注重合作沟通等社会能力,以及解决问题、批判创新、系统思维、计划等综合能力。其制定的培养目标不仅包括专业技术知识,还包括实践能力,即在社会和企业环境下,对产品、生产流程、工程系统进行构思、设计、实施、运行的能力,同时还包括个人能力、职业能力和态度,团队工作和交流能力等,涵盖了在组织中从事工程工作所需的全部能力。因此,借鉴 CDIO 教育模式的先进理念和方法针对学生进行工程教育,改变以往重理论轻实践、重视专业知识而忽视创新能力培养的教育模式,是目前工程类本科教育改革的方向^[1]。

2 《塑料制品设计》课程特点及问题分析

高分子材料与工程专业包括高分子材料制备和加工应用两个方面的内容。近年来,围绕高分子材料成型加工课程教学,很多老师进行了有益的尝试和探索^[2~3]。而《塑料制品设计》课程主要是面向高分子材料的产品应用领域,是学生在修完《高分子物理》、《高分子化学》、《高分子材料流变学》、《塑料成型工艺学》等专业基础课程之后,进入到工程设计领域必须学习和掌握的专业技能,也是学生毕业进入企业以后主要从事的工作内容之一。因此对《塑料制品设计》课程的学习,是培养高分子材料与工程专业创新型工

10.14028/j.cnki.1003-3726.2020.02.007

收稿:2019-01-04;修回:2019-08-29;

基金项目:青岛科技大学教学改革研究项目(2018MS14);

* 通讯联系人:王小新(1973-),男,教授,主要从事高分子材料先进成型及模具技术方面的研究。E-mail: wangxiaoxin@qust.edu.cn.

程技术人才的重要环节。

《塑料制品设计》课程涉及到高分子材料性能、高分子材料流变学、塑料成型工艺学、塑料成型机械等多个知识领域,跨越材料、机械、计算机技术等多个学科,具有较强的理论性,同时又有很强的实践性,对课程教学也提出了很高的要求。但由于《塑料制品设计》课程中涉及到产品三维结构,特别是复杂的内部结构,需要较强的抽象思维和空间想象能力,而传统的课堂教学方法手段单一,主要依靠文字描述和图形展示,很难保证学生对相关知识的充分理解和掌握。另一方面,由于缺少快速便捷的成型方法,学生在产品设计方面的创意无法很快地变成实物,也制约了学生创新思维和创新能力的培养。

3 CAD/CAE 和 3D 打印在《塑料制品设计》课程教学中的应用探索

CDIO 模式把培养目标融入到整个课程体系中,每一个能力点都要具体落实到课程和课外活动中。CDIO 为学生提供一种学习经验和情境,使学生在学科知识的同时,养成个人能力以及产品系统构思、设计、实施、运行能力。而《塑料制品设计》作为一门综合性和实践性较强的课程,要达到培养工程意识和实践能力的目的,必须理论联系实际,结合典型产品,充分应用产品开发中的新技术,使学生在设计实践的基础上,逐步培养分析和解决实际工程问题能力,为今后的工作打下基础。

随着计算机技术的发展,出现了计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)、计算机辅助工程(Computer Aided Engineering,CAE)等技术。目前,随着计算机图形学、知识工程、数据库技术、计算机网络等技术的进一步发展,CAD、CAE 技术都已经日趋成熟并广泛应用,成为产品开发的有效工具,能够显著提高产品设计效率、缩短开发周期。3D 打印(3D Printing)则是一种以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可粘合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术,被称为“具有工业革命意义的制造技术”。作为《塑料制品设计》课程,除了给学生讲解产品设计的基本内容以外,让学生学习和掌握 CAD、CAE 的基本知识和操作,进行实际的产品设计练习,并应用 3D 打印技术把设计结果变成实物,对于推进 CDIO 工程教育模式、实现理论知识和工程实践的有机结合,以及培养创新性工程技术人才都具有非常重要的意义。

3.1 CAD 在《塑料制品设计》课程教学中的应用

计算机辅助设计主要通过工程 CAD 软件实现,设计人员在软件中从参数化的草图开始设计,生成三维图形数据;利用计算机进行与图形的编辑、放大、缩小、平移和旋转等有关的图形数据操作。常用的工程 CAD 软件有 UG、Pro/E、CATIA、AutoCAD、SolidWorks,以及国产软件 CAXA、中望 CAD 等等,其中有的软件还开发了用于塑料制品设计的专用设计模块,能够方便快捷地进行塑料制品的设计。

在《塑料制品设计》课程中,安排采用 UG 软件进行塑料制品设计的内容,培养学生的软件操作和设计实践能力。在讲解 UG 软件基本知识、主要命令的基础上,让学生通过实地操作掌握曲线绘制、实体建模、曲面建模、装配建模等方法,并根据教程创建一些简单的零件。等学生熟练掌握以后,再安排设计一个相对复杂的产品,训练学生综合应用理论知识和软件操作的能力。图 1 为学生练习设计的鼠标三维实体模型及爆炸效果图,图 2 为学生应用 UG/NX 软件设计的手电钻三维结构模型及爆炸效果图。

3.2 CAE 在《塑料制品设计》课程教学中的应用

计算机辅助工程(CAE)主要指通过计算机软件对工程、产品进行性能与安全可靠性能分析,对其未来的工作状态和运行行为进行模拟仿真,及早发现设计缺陷,并验证工程、产品的可靠性。

注塑成型 CAE 技术是按照塑料加工成型的基本理论,建立模具型腔中熔融塑料充模、传热的数学模型,对整个注塑成型过程进行计算机分析与仿真,模拟成型时塑料的动态填充、保压、冷却等工艺过程,验证塑件成型性能,优化制品和模具设计以及温度、压力、速度等成型工艺参数^[4]。应用注塑 CAE 技术,可以在塑件设计过程中,利用计算机对设计方案进行模拟仿真,预测设计中潜在的缺陷,为优化产品设计提供科学的依据,从而缩短产品设计开发周期,提高质量,降低成本。

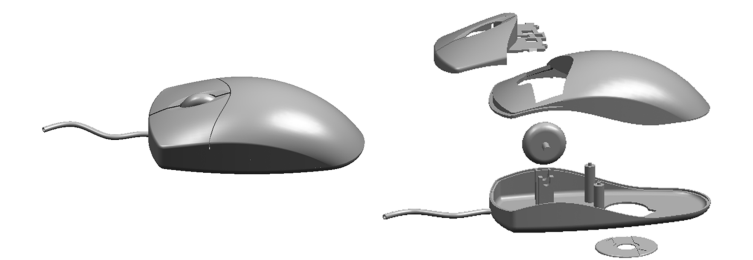


图 1 鼠标三维实体模型及爆炸效果图
Figure 1 Mouse 3D solid model and explosive view

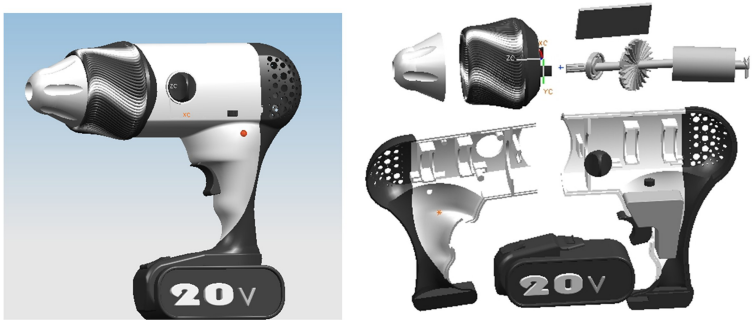


图 2 手电钻三维结构模型及爆炸效果图
Figure 2 Electric drill 3D solid model and explosive view

目前行业内主要应用的注塑 CAE 软件有美国 Autodesk 公司的 Moldflow、台湾科盛科技公司的 Moldex3D、国内华中科技大学开发的华塑 CAE 等。这些软件都能够在计算机上对整个注塑成型过程进行模拟分析,预测制品中的应力分布、纤维取向分布、塑件的收缩和翘曲变形等情况。

在《塑料制品设计》课程教学中引入 CAE 技术,可以让学生学习掌握 CAE 的技术原理和基本方法,学会使用相关的注塑 CAE 软件对注塑成型过程进行模拟仿真,对所设计产品的成型性能进行验证,并根据分析结果对产品进行优化设计。图 3 和图 4 分别为学生应用 Moldflow 软件得到的手电钻外壳充填及变形分析结果。

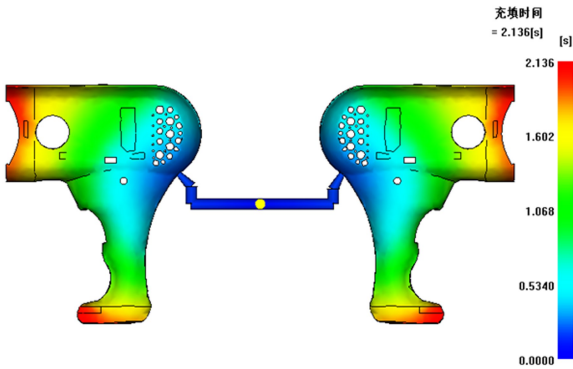


图 3 塑件充填分析结果
Figure 3 Filling analysis results of plastic parts

3.3 3D 打印技术在《塑料制品设计》课程教学中的应用

3D 打印是制造业领域正在迅速发展的一项新兴技术,其主要流程是:应用计算机软件设计出三维立体的产品模型,然后通过工艺处理软件生成分层打印的 G 代码程序,再通过特定的成型设备(俗称 3D 打

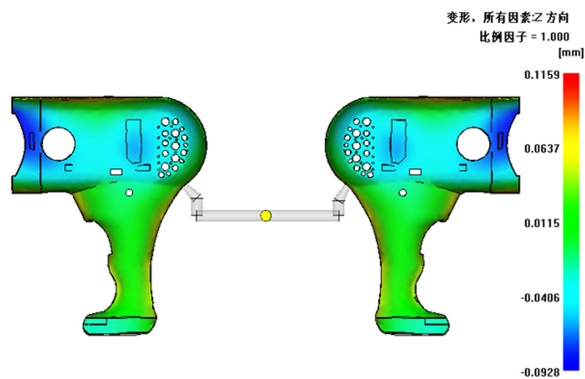


图 4 塑件变形分析结果

Figure 4 Deformation analysis results of plastic parts

印机),用液化、粉末化、丝化的固体材料逐层“打印”出产品。3D 打印依托多个学科领域的尖端技术,在航空航天、汽车、家电、生物医学等领域得到了一定应用,发展前景十分广阔^[5,6]。

3D 打印技术有很多种,其中以热塑性塑料为主要加工对象的熔融沉积成型技术(Fused Deposition Modeling,FDM)应用最多。在《塑料制品设计》课程教学中应用 3D 打印技术,通过 3D 打印快速便捷地将 CAD 软件中设计出来的产品变成实物,能够显著提高学生的学习兴趣。另外,由于 3D 打印技术可以非常方便地实现各种复杂结构的成型,极大地提高产品设计的自由度,因此能够显著激发学生的创新灵感,培养学生的创新意识和创新设计能力。图 5、图 6 为学生创新设计的艺术灯罩和创意纸筒三维实体模型及 3D 打印实物照片。

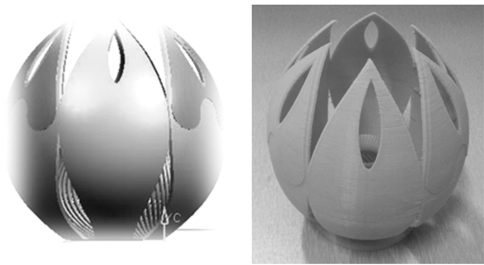


图 5 艺术灯罩三维实体模型及 3D 打印实物

Figure 5 Art lampshade solid model and 3D printing objects

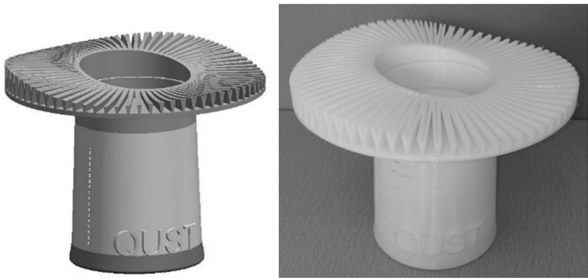


图 6 创意纸筒三维实体模型及 3D 打印实物

Figure 6 Container solid model and 3D printing objects

4 结语

在教学中实践 CDIO 培养模式,探索把在工程领域广泛应用的 CAD/CAE 和 3D 打印技术引入到《塑料制品设计》课程教学中,不仅能够有效激发学生的学习兴趣,提高学习效果,还可以提高学生在掌握新技术方面的优势,有助于提高学生的科技素养和创新能力,对于培养优秀的创新性工程技术人员具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 康全礼,丁飞己. 高等工程教育研究,2016,4:40~46.
- [2] 王小萍,何慧,薛峰. 高分子通报,2018,7:129~132.
- [3] 赵彩霞,邹国享,张洪文. 高分子通报,2018,9:68~71.
- [4] 王小新,曹永宁. 中国塑料,2017,31(1):75~79.
- [5] 张楠,李飞. 机械设计,2013,30(7):97~99.
- [6] 王小新. 模具工业,2016,42(11):68~70.

Applications and Exploration of CAD-CAE and 3D Printing Technique in the Teaching of Plastic Products Design Course

WANG Xiao-xin^{*}, HUANG Zhao-ge, WEN Shi-bao

(School of Polymer Science and Engineering, Qingdao University of Science and Technology,
Qingdao 266042, China)

Abstract: The introduction of advanced CIDO engineering education mode in the training process of engineering students plays an important role in training students' practical and innovative abilities. Based on the analysis of the teaching characteristics of the course Plastic Products Design, this paper introduces the CAE/CAE technology into the course teaching, and makes a useful exploration. It is not only of great significance to improve the teaching effect of the course, but also promotes students to learn and apply the CAD/CAE software. On this basis, the rapid development of 3D printing technology is applied to the course teaching, which helps students to understand advanced technology, stimulate students' interest in learning and improve students' innovative ability.

Key words: CAD/CAE; 3D Printing; Plastic products design; Course teaching