

CAE/CAD 技术在塑料模具设计中的应用

杨勇辉, 崔一

(平顶山工业职业技术学院, 河南平顶山 467001)

摘要: 在塑料加工模具设计和制造的应用中, CAE 技术可以进行模具浇注系统和冷却系统分析, 可以应用于辅助模型设计和可视化仿真。主要介绍了塑料模具设计和加工的发展现状以及 CAE/CAD 软件开发及仿真技术和仿真系统开发的发展现状。并指出 CAE/CAD 仿真技术与 Pro/E 软件和 Moldflow 软件相结合, 在塑料模具设计和生产领域具有十分广泛的应用前景, 其可以大大缩短产品开发周期, 提高产品设计质量。

关键词: 塑料模具设计; 计算机仿真; CAE/CAD 技术; 应用

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)02-0124-04

Application of CAE/CAD Technology in Designing of Plastic Mould

Yang Yonghui, Cui Yi

(Pingdingshan Institute of Industry Technology, Pingdingshan 467001, China)

Abstract : In the application of plastic mould design and manufacture, CAE technology can be used in the analysis of the mold gating system and cooling system, CAD technology can be applied to the auxiliary model design and visual simulation. The designing and producing of plastic molding, the development of CAE/CAD software development as well as simulation technology and simulation system were introduced. It was pointed out that the simulation technology of CAE/CAD and Pro/E software and Moldflow software have a wide range of applications in the field of plastic mold design and production, CAE/CAD technology can greatly shorten the product development cycle, improving product design quality.

Keywords : designing of plastic mold ; computer simulation ; CAE/CAD technology ; application

与金属材料相比, 高分子材料更易加工, 且质轻, 尺寸稳定性和耐腐蚀性良好, 在航空航天、医疗保险、汽车制造以及日常生产与生活中具有广泛的应用前景^[1-5]。随着高分子学科的迅速发展, 高分子材料的力学性能也得到大大提高, 并且由于其功能化过程简单, 大量的特种高分子材料在光学、电学、抗菌等方面展现了优异性能^[6-10]。

在高分子材料制造过程中, 由于模具的结构不合理则可能导致制件表面出现熔接痕、气穴, 或出现翘曲变形等现象, 所以设计并生产出结构合理的模具是保证塑料制件质量和美观的前提。通常模具的设计主要需要考虑浇注系统和冷却系统, 其中浇注系统中浇注方式、浇口位置、热流道尺寸往往对产品表面熔接痕及气穴位置和分布影响较大, 冷却系统中冷凝管路数量、分布等则影响制件翘曲变形程度^[11-13]。为了设计出结构合理的模具, 往往需要对多种结构模具进行对比, 然后找到最优结构模具, 但这一过程在传统加工过程中较为繁琐, 工作效率较低且成本较高。近年来计算机辅助技术的兴起为模具的设计和制造提供了便捷, 利用 Pro/E 和 Moldflow 软件, 结合 CAE/CAD 技术对塑料加工过程进行仿真, 可较为便捷地实现模具结构的优化, 大大降低了生产成本, 提高了生产效率。笔者综述模具设计以及 CAE/

CAD 技术的发展现状, 并通过实例介绍了 CAE/CAD 技术在塑料模具设计仿真中的应用。

1 塑料加工模具发展现状及趋势

1.1 塑料加工模具发展现状

当今, 模具行业中有约 30% 的模具为塑料制品模具^[14], 并且应用于航空航天、汽车工业、仪表机电等行业中。因此, 模具设计与加工发展前景形势依然较好^[15-16]。目前, 塑料制品模具加工工艺中, 气体辅助成型技术日渐成熟, 并且在汽车内饰、洗衣机和电视机外壳等塑料制品中得到了应用^[17]。除此之外, 另外一种应用较为广泛的技术是热流道技术, 并且发展较为迅速。热流道技术主要有内热式、外热式和分流板式三种, 据统计, 在模具加工工艺中, 热流道技术覆盖率达 33%^[18]。另外, 随着新工艺和新技术的开发和引进, 塑料模具的生产效率大大提高, 并且使用寿命也得到了延长。例如, 以多腔共挤和双腔共挤为主的异型材的加工速度可满足商业化要求。自动脱流道模具冷却系统大大提高了塑料模具的加工效率。再比如, 由传统电机技术发展而来的电火花铣削技术在模具加工成型过程中, 省去了复杂的成型电极,

联系人: 杨勇辉, 讲师, 主要从事计算机模拟技术研究

收稿日期: 2016-12-02

显著提高工作效率,并简化加工操作。随着纳米技术的发展,模具的精细加工也得到了较大程度的推进。利用纳米技术与化学技术、激光技术、集电技术、超声波等技术结合的复合技术可将模具加工的精细程度控制在 11 nm 左右^[18]。

1.2 塑料模具加工工艺发展趋势

数控技术为模具的设计与加工开启了新的篇章,不仅简化了模具开发过程,降低了生产成本,提高了工作效率,通过与生产经验相结合,还提高了工艺参数的可靠性和制件的质量。其中,CAD,CAE 及 CAM 技术在模具加工中已得到了应用和普及。这三种计算机辅助技术相结合或前两种计算机辅助技术相结合,可实现模具设计过程中各个参数的优化以及可视化窗口的模拟,大大推进了模具加工工艺智能化和集成化的发展。另外一种智能化的技术是数字化快速扫描技术,这一技术的普及程度较低。这一技术通常与 CAD 技术相结合,通过对实物高速扫描得到期望模型,然后反馈给计算机系统进行处理。数字化高速扫描技术的扫描速度最高可达 3 m/min,可大大缩短模具加工的周期^[18]。在不久的将来这一技术将会得到较为广泛的普及和应用。另外,模具的抛光对模具的外观、制件的质量以及模具的使用寿命都具有较大的影响。传统的方法都是对模具采用人工抛光,但这一方法效率较低,人为因素影响较大。目前,智能化和数控抛光成为了新的发展趋势,可以在很大程度上解决人工抛光的问题。目前,日本所研制的数控抛光设备,可以实现对塑料模具的自动化和智能化抛光。

2 CAE/CAD 技术发展现状

2.1 CAE/CAD 软件发展现状

两种计算机辅助技术常常结合在一起应用到模具设计和开发中,从而实现模具的优化和可视化 3D 仿真。CAE/CAD 技术是从 20 世纪 60 年代初期开始发展起来的,而最为典型的 CAE/CAD 模拟软件便是美国 PTC 公司开发的 Pro/E 软件。这一款软件在 CAE/CAD 模拟中占据着十分重要的地位,功能强大,是应用最为广泛的软件之一。除此之外,美国 EDS 公司开发的 UG 软件也是一款应用广泛的软件,在工艺优化、模具构造设计等方面的模拟中发挥重大的作用。另外一款较为常见的软件是澳大利亚 Moldflow 公司所开发的 Moldflow 软件,这一款软件可以详细地从模具的浇口、热流道、壁厚、冷却系统等各个方面对模具设计和模具制造等进行模拟,在验证和优化塑料制件和模具成型方面有着不可比拟的功能^[19-24]。除了以上三种较为常见的 CAE/CAD 技术软件还有以色列 Cimatron 公司的 Cima-Tron 软件、美国 Solidworks 公司的 Solid-Works 软件以及美国的 C-Mold 软件都可以为 CAE 技术提供支持。我国的 CAE/CAD 软件开发发展也较为迅速。例如,上海交通大学成功

将人工智能技术和注塑模 CAD 系统相结合,开发出了具有集成化功能的注塑模智能 CAD 系统。北京航空航天大学开发的 CAE/CAD 系统可以实现三维曲面造型、数值模拟及分析、数控加工和仿真等。浙江大学开发的 UGH 系统是一种可实现精密注塑仿真的 CAE/CAD 系统,华中科技大学开发的 HSC-I 系统则可以实现制件的模流分析。

2.2 CAE/CAD 仿真技术发展现状

在 CAE/CAD 技术研究方面,日本的关户滕己等利用 CADCEUS 软件作为研究平台,实现了参数运行功能和模型绘制功能独立且同时运行,大大缩短了模具开发的周期。美国的费根鲍姆教授研发了 DENRAL 软件,该软件主要是基于能力战略转型和 KBS 系统之间关系而运行的。澳大利亚的 K. Shelesh-Nezhad 将基于实例和基于规则推理两种技术运用到注射参数优化过程,从模具的几何构造、原料及原料的流动特性等方面进行详细地分析,再经过后处理得到较为可靠的结果。德国 Roller 等通过自动储存和拓扑参数相关的集合技术对其进行约束,先通过尺寸和结构参数确定系统储存模型,然后利用变量处理器对模型进行评价。这一概念使 CAD 系统的友好性得到了较大程度的提高。美国 Aldefeld 建立一个基于符号操作和几何推理的模型,在该模型下利用几何元素和公式来约束模型,然后利用基于规则的系统对其进行变更处理。在给出了模型约束的相关参数后,可以快速地生成相关变量^[25-27]。

3 CAE/CAD 技术在塑料模具设计中的应用实例

何政军^[28]选用三元乙丙橡胶进行耦合器的制造,并利用 CAD/CAE 技术对模具设计进行了模拟。利用 Moldflow 软件对耦合器 3D 模型进行网格划分,并设置三元乙丙橡胶的加工参数——熔体密度为 0.926 g/cm³,模具温度范围为 20~80℃,熔体温度范围为 220~260℃,最大剪切应力为 0.26 MPa,最大剪切速率为 24 000 s⁻¹。模拟结果表明,该耦合器模具的最佳浇口位置处于耦合器的右半部分,在模具上下两个方向都设置两组平行的冷却管路。当设置模具表面温度为 65℃、熔体温度为 220℃、开模时间为 5 s、注射时间为 60 s、保压时间为 50 s、冷却时间为 60 s、保压压力为 140 MPa 时,利用所设计的模具注塑成型而得耦合器制件的翘曲变形量为 3.612 mm,满足生产要求。通过对不同的工艺参数进行优化过程中发现,对制件翘曲变形影响较大的因素有熔体温度、保压时间和冷却时间,而模具温度、注射时间和保压压力对制件的翘曲变形影响不大。

沈洪雷等^[29]利用 CAE 对丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS) 的洗衣机控制面板模具的浇注系统进行了模拟。浇注系统确定为 3 个浇口,其中浇口 1 周围有四个进浇点,浇口 2 和浇口 3 周围各有一个进浇点。当浇注系统的热流

道为普通开放性热流道时,所得制件存在3种贯穿性熔接痕,并且熔接痕附近存在大量气穴;而当采用针阀式顺序控制热流道时,通过优化注塑工艺,制件浇口左侧和右侧没有出现明显熔接痕,并且气穴数量与普通开放式热流道系统下所得制件相比也大大降低。张琦^[30]也对ABS制件的模具进行了仿真,利用ABS和聚碳酸酯(PC)进行手机外壳的制造,利用CAE/CAD对模具进行仿真模拟和优化。首先利用Pro/E对手机外壳模型进行了有限元分析,然后利用CAE对模具的浇注系统和冷却系统进行了模拟。模拟结果表明,浇注方式为点浇注,进浇点数目为2个,主流道为锥形,进浇点最佳位置处于模具中部;冷却系统则是在型腔和型芯各设置分布均匀的4根冷却管路回路,在以上浇注系统和冷却系统下,通过优化注塑条件可以将翘曲变形量控制在0.47 mm,符合生产要求。

手机外壳和电话外壳属于塑料薄壁制品,这类制品模具质量要求较高,利用CAE/CAD技术进行仿真可以在很大程度上提高生产效率和制件质量。例如,王蕾等^[31]首先利用Pro/E软件对电话壳模具进行了模拟计算,确定模具质量为99.72 g,模具类型为一模一腔。然后利用CAE对模具浇注系统进行了模拟,通过对比侧浇口、1进浇点的点浇口和2进浇点的点浇口系统发现,2进浇点的点浇口系统下,流体的流动时间间隔较短,充模较为均匀,并且该模式下气穴数量较少,主要分布在按键键孔和塑料栅格处。还对冷却系统进行了模拟,设计了两种冷却系统。其一是在型腔和型芯分别设置分布不均匀的三根冷却管路,直径为10 mm,其二是在型腔和型芯分别设置分布均匀的四根冷却管路,直径为10 mm。相比之下,后者温度场分布更为均匀,冷却时间也较短,有利于得到翘曲变形较小的制件。周慧兰等^[32]也对电话机面板的注塑模型进行了模拟,同样是利用Pro/E软件对电话机模型进行CAD建模,确定模具为一模一腔。然后在Moldflow软件中对模具的浇注系统、冷却系统进行CAE仿真。最后确定了浇注系统为2进浇点的点浇口浇注系统,以及型腔和型芯中均包含分布均匀的6根冷却管道的冷却回路。当注射时间为1 s、注射压力为57.35 MPa、冷却时间为12 s、熔体温度为218℃、模具温度为57℃时,所得塑料制件的翘曲变形量低,外观美观、质量较高。

对于其它类型塑料薄壁制件的模具设计和模拟,CAE/CAD技术也可以大大发挥其优势。潘秀石等^[33]利用Moldflow软件对吸尘器电机罩盖板进行3D模型分析,然后利用CAE对其浇注系统和冷却系统进行了模拟。通过对比3种进浇口模式下注塑压力、锁模力、填充及填充/保压转换点压力,制件的熔接痕和气穴数量及分布等因素,确定浇注系统为2点进浇系统;根据制件的结构特性,确定了模

具冷却系统采用直孔隔板式冷却回路,其中冷却水管直径为8 mm,隔水片水道孔的直径分别为16、20和30 mm。利用以上浇注系统和冷却系统,可以提高生产效率、制件表面温度分布均匀性、制件外观的美观性和质量。尹小定^[34]也对塑料控制面板模具的浇注系统和冷却系统进行了仿真模拟。通过仿真确定了浇口的最佳位置位于旋钮周围,可有效避免熔接痕的出现以及减少气穴的数量;而冷却系统则采用隔水片和环形水路相结合的系统,其中隔水片共有4个,利用该冷却系统则有利于降低制件的翘曲变形。之后又利用CAD技术对模具的型芯、主流道、分流道、浇口、冷却系统、模具工作工程进行了设计和仿真模拟,成功降低了模具开发周期。沈晓伟^[35]也利用CAE/CAD技术对后视镜模具的浇注系统进行了模拟。首先对比了直浇口、侧浇口、点浇口和潜伏浇口四种模式,最后确定了点浇口;而对热流道进行模拟和优化时,确定主流道长度为100 mm,主流道为锥形,嵌段半径为10 mm,后端半径为1.5 mm,连接分流道和型腔之间的细短流道长度为0.2~2.5 mm。确定以上浇注系统参数,通过对注塑工艺优化可制得外观美观、质量合格的塑料后视镜制件。

以上应用实例说明,CAE/CAD技术在塑料成型模具设计中的仿真可为实际生产提供科学可靠的数据和工艺参数,这一技术大大简化了生产过程中的操作过程和工序,提高了生产效率,降低了生产成本,而且提高了制件的质量和外观的美观性。CAE/CAD仿真技术与Pro/E软件和Moldflow软件相结合,在塑料模具设计和生产领域具有十分广泛的应用前景。

4 结语

当今塑料模具制造新技术是以热流道技术、电火花铣削技术以及纳米技术为主的复合精细加工技术,而将传统工艺与CAE/CAD技术相结合的数控仿真和加工则是未来模具加工发展的方向。运用到CAE/CAD技术中的软件主要有Pro/E软件、UG软件和Moldflow软件,而应用系统则是各有特色。通过对基于Pro/E软件和Moldflow软件的CAE/CAD仿真实例介绍表明,这类数控仿真模拟技术可大大简化塑料模具设计和制造过程,缩短开发周期、降低生产成本、提高产品质量。

参考文献

- [1] Deitzel J M, et al. Structure and Properties of High-Performance Fibers, 2017:167-185.
- [2] Mukhopadhyay S, et al. Structure and Properties of High-Performance Fibers, 2017:187-198.
- [3] Ren Qilin, et al. Materials & Design, 2016, 107:295-301.
- [4] Blanco I, et al. Thermal Journal of Thermal Analysis & Calorimetry, 2016:1-7.

- [5] Pawar S P, et al. Chemistryselect, 2016, 1(13):3 829-3 838.
- [6] Kim Jae-Kwang. Materials Letters, 2017:40-43.
- [7] Baik J H, et al. Polymer, 2016, 99:704-712.
- [8] Fan Pu, et al. Materials Letters, 2017, 186:161-164.
- [9] Makhlof M M, et al. Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry, 2017, 332:465-474.
- [10] Ravi M, et al. Ionics, 2016, 22(5):661-670.
- [11] 周波. 科技展望, 2016, 25(12):153.
Zhou Bo. Technology Outlook, 2016, 25(12):153.
- [12] 范亚博. 基于 CAE 技术的汽车内饰板翘曲与缩痕的优化研究 [D]. 广州: 广东工业大学, 2015.
Fan Yabo. Study on the optimization of warping and shrinkage of automotive trim panel based on CAE technology[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2015.
- [13] 杨怀刚, 等. 内燃机工程, 2015(3):140-146.
Yang Huaigang, et al. Chinese Internal Combustion Engine Engineering, 2015(3):140-146.
- [14] 冯刚, 等. 塑料工业, 2014, 42(4):16-19.
Feng Gang, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(4):16-19.
- [15] 杨文明. 模具制造, 2015, 15(2):48-51.
Yang Wenming. Die & Mould Manufacture, 2015, 15(2):48-51.
- [16] 朱彦. 聚氨酯工业, 2014(2):74-79.
Zhu Yan. Polyurethane Industry, 2014(2):74-79.
- [17] 侯磊. 科技资讯, 2014(19):12.
Hou Lei. Science & Technology Information, 2014(19):12.
- [18] 王宏亮. 现代制造, 2016(3):78-79.
Wang Hongliang. Mechanical and Electrical Information, 2016(3):78-79.
- [19] 姜文博, 等. 南方农机, 2016, 47(1):59.
Jiang Wenbo, et al. South Agricultural Machinery, 2016, 47(1):59.
- [20] 徐浪浪. 昆明民族干部学院学报, 2016(1):87.
Xu Langlang. Journal of Kunming National Cadres Academy, 2016(1):87.
- [21] 陈进武, 等. 模具制造, 2016, 16(2):54-58.
Chen Jinwu, et al. Die & Mould Manufacture, 2016, 16(2):54-58.
- [22] 王波. 新技术新工艺, 2016(3):32-33.
Wang Bo. New Technology & New Process, 2016(3):32-33.
- [23] 杭祖权. 军民两用技术与产品, 2016(3):57-58.
Hang Zuquan. Dual Use Technologies & Products, 2016(3):57-58.
- [24] 唐兆, 等. 西南交通大学学报, 2016, 51(1):113-120.
Tang Yao, et al. Journal of Southwest Jiaotong University, 2016, 51(1):113-120.
- [25] 赵宏彬. 冶金设备, 2016(2):10-14.
Zhao Hongbin. Metallurgical Equipment, 2016(2):10-14.
- [26] 冯志强, 等. 西南交通大学学报, 2016, 51(3):519-524.
Feng Zhiqiang, et al. Journal of Southwest Jiaotong University, 2016, 51(3):519-524.
- [27] 秦闯, 等. 机床与液压, 2015, 43(9):141-144.
Qin Chuang, et al. Machine Tool & Hydraulics, 2015, 43(9):141-144.
- [28] 何政军. 基于实例的注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术研究与应用 [D]. 保定: 华北电力大学, 2014.
He Zhengjun. Technology research and application on CAD/CAE/CAM based on an actual example of injection mold[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2014.
- [29] 沈洪雷, 等. 高分子材料科学与工程, 2013(10):175-178.
Shen Honglei, et al. Polymer Materials Science and Engineering, 2013(10):175-178.
- [30] 张琦. 基于实例的注塑模具 CAD/CAE/CAM 集成技术研究 [D]. 保定: 华北电力大学, 2012.
Zhang Qi. Research on CAD/CAE/CAM integration technology of injection mold based on example[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2012.
- [31] 王蕾, 等. 新技术新工艺, 2014(2):86-89.
Wang Lei, et al. New Technology & New Process, 2014(2):86-89.
- [32] 周慧兰, 等. 中国塑料, 2012(2):63-67.
Zhou Huilan, et al. China Plastics, 2012(2):63-67.
- [33] 潘秀石, 等. 工程塑料应用, 2015(1):80-84.
Pan Xiushi, et al. Engineering Plastics Application, 2015(1):80-84.
- [34] 尹小定. 塑料科技, 2016(6):61-65.
Yin Xiaoding. Plastics Science and Technology, 2016(6):61-65.
- [35] 沈晓伟. 模具制造, 2015, 15(3):60-65.
Shen Xiaowei. Die & Mould Manufacture, 2015, 15(3):60-65.

欢迎订阅 2017 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》杂志

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

欢迎广大读者到当地邮政局(所)订阅 2017 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》杂志, 订阅杂志及合订本光盘及过期刊物的读者可直接向杂志社办理订阅。《工程塑料应用》为月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版, 2017 年定价 15 元/期, 全年 180 元。《化学分析计量》为双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版, 2017 年定价 15 元/期, 全年 90 元。

电话: (0531)85878223 85878057 传真: (0531)85947355