

# 注塑模 CAD/CAM/CAE 的系统集成

陈志新, 刘建雄, 迟毅林

(昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 描述了以 CAD/CAM 软件 Pro/E 及注塑模分析软件为平台, 采用系统集成的方式, 并运用 Pro/E 的二次开发工具 Pro/TOOLKIT, 按并行工程思想, 对注塑模 CAD/CAM/CAE 系统的设计和开发进行的分析和研究。

**关键词:** 注塑模; CAD/CAM/CAE; Pro/ENGINEER; 系统集成

**中图分类号:** TG241 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)04-0053-04

## A System Integrated Approach to Plastic Injection Mould CAD/CAM/CAE

CHEN Zhi-xin, LIU Jian-xiong, CHI Yi-lin

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** With the thought of concurrent engineering and on the basis of CAD/CAM system Pro/E and injection mould analysis software, an analytical research on the design and exploitation of the plastic injection mould CAD/CAM/CAE is made by adopting system integrated approach and applying the two-development tool Pro/TOOLKIT of Pro/E.

**Key words:** injection mould; CAD/CAM/CAE; Pro/ENGINEER; System integration

### 0 引言

传统的注塑模具设计依靠设计人员的经验进行, 模具设计加工以后往往需要经过反复的调试和修改才能正式投入生产, 发现问题后, 不仅要重新调整工艺参数, 甚至要修改塑料制品和模具的设计. 这种设计方式制约了新产品的开发, 随着塑料工业的飞速发展, 人们对塑料制品质量要求越来越高, 且产品更新快, 价格越来越低, 市场竞争激烈, 在这种情况下, 对模具的要求是: 交货期短、质量好、价格低. 显然, 传统的人工设计、手工作坊的生产方式已不能适应现代化工业发展的要求, 为了在市场经济的残酷竞争中取胜, 跟上产品更新的速度, 模具制造业必须采用新技术、新工艺来解决传统技术中存在的问题. 发达工业国家从 20 世纪 80 年代中期已广泛使用计算机对塑料模进行辅助设计(CAD), 辅助制造(CAM), 并对模具设计的各个环节进行定量计算和数值分析(CAE), 使得产品的质量得到保证, 大大缩短新产品的开发周期.

### 1 注塑模 CAD/CAM/CAE 集成系统的组成

澳大利亚注塑模工程分析软件 Moldflow 可在模具加工之前, 在计算机上对整个注塑成型过程进行模拟分析, 包括填充、保压、冷却、翘曲、纤维取向、结构应力、收缩以及气辅成型和热固性材料流动分析. Moldflow 软件也可作吹塑、热成型、反应注射、塑封及橡胶注射成型分析, 找出未来产品可能出现的缺陷, 如充填不满、气泡、熔接缝、应力集中等各种问题. 设计人员根据这些结果, 更改不合理的设计, 使设计的产品用料最省、质量最优. 通过分析, 也得出了塑料充模的最佳工艺条件, 保证试模一次成功.

Moldflow 是一个极佳的注塑分析软件, 但在对大多数由各类曲面构成的塑料制品进行几何造型时, 若不借助其它的 CAD 软件工具, 不仅工作量大, 而且会引入较多的测量或计算误差.

收稿日期: 2002-12-23; 基金项目: 云南自然科学基金(项目编号: 2001E0016M).

第一作者简介: 陈志新(1973.9~), 男, 在读硕士研究生; 主要研究方向: 模具 CAD/CAE/CAM. E-mail: czxchen2002@

yahoo.com.cn

Pro/ENGINEER(简称Pro/E)软件系统是由美国参数化技术公司PTC开发,是一个用产品的三维模型进行绘图、设计、加工及分析等的CAD/CAE/CAM软件系统。它是一种全方位的三维产品开发软件,集成了零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、钣金件设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、机构模拟、应力分析、产品数据库管理等功能于一体。它以使用方便,参数化特征造型和系统的全相关性而著称,广泛应用于机械、汽车、轻工、家电、航空航天和船舶等领域。

建立一个完善的注塑模CAD/CAE/CAM系统,在选择集成子系统时,必须使该系统有较高的几何造型功能、CAM功能、CAE分析功能。综上所述,于是采用美国PTC公司的通用CAD/CAM软件Pro/E和澳大利亚注塑分析软件Moldflow作为集成子系统。

注塑模CAD/CAM/CAE集成系统的组成为:一,采用具有强大造型和CAM功能的Pro/E软件作为注塑CAD和CAM的平台,并用Pro/E的二次开发工具Pro/toolkit针对注塑自身的特点开发一些特殊的模块。在CAD方面,包括注塑模的方案设计,模具结构的设计,材料库及标准模架的建立等;在CAM方面,包括注塑模型腔、型芯的NC加工指令的生成等。二,以澳大利亚注塑模工程分析软件Moldflow为注塑模CAE分析的工具。由于该软件有强大的分析功能,利用其各模块功能,包括:流动模拟模块(MF/Flow)、冷却分析模块(MF/Cool)、保压分析模块(MF/Pack)、翘曲分析模块(MF/Warp)、结构应力分析模块(MF/SR-RESS)、模腔尺寸确定模块(MF/SHRINK)、注塑机参数优化模块(MF/OPTIM)、气体辅助注塑分析模块(MF/GAS)、塑件纤维取向分析模块(MF/FIBER)等,模拟出塑料在模具中由熔融态到凝固态的一系列过程,预测出塑料充填不满、气泡、熔接缝、应力集中等各种问题。

## 2 集成系统的设计方案

根据对模具行业的调研,注塑模CAD/CAM/CAE集成系统应具备的基本功能是:能按照用户要求和塑件特征,优先从典型塑件的模具设计方案事例中选出一个合适的设计方案,对选取的方案进行必要的修改;若无合适方案则通过交互方式进行模具方案设计。同时要对设计方案进行模拟分析,综合评估后选取最优方案进行模具详细设计,最后利用CAM模块生成部分零件的数控加工指令。

通过以上功能分析,可进一步分解为以下功能模块。

1) 系统信息管理:主要包括工程信息管理和数据库管理。工程信息管理完成项目的登录、检索、版本管理等功能。数据库具有更新的功能,并建立塑料品种、模具材料、注塑机、加工设备、标准零件等基础数据库,同时还要建立模架库、模具典型结构等,以供后面的设计选用。

2) 塑件建模和工艺分析:主要是利用Pro/E的特征造型功能结合注塑模设计的有关要求完成塑件建模,并根据设计的原则和数据,对塑件进行工艺分析。

3) 模具设计:主要是利用Pro/E的Pro/MOLDESIGN模块功能进行模具的方案设计和详细设计。方案设计应完成模具总体方案的表达,其详细设计应包括:建立模具模型;设置塑件模型的收缩率;设计浇注系统;建立分型面;利用分型面将胚料分割成数个模型体积;将模型体积、滑块体积等转换为上模体积、下模体积、滑块等;利用Molding进行填充,建立浇注件;进行模具零件检测;模拟开模,并进行干涉检查;装配模架,并进行细节设计(增加顶杆、回程杆、水道等);输出生成二维装配图及各成型零件工程图。

4) 注塑模CAE分析:此功能模块主要由注塑分析软件Moldflow完成,主要进行注塑模的流动分析、流道平衡分析、冷却分析、翘曲分析、结构应力分析、注塑机参数优化、塑料纤维取向分析等。

5) 模具制造:主要是完成用于注塑模型腔、型芯的电极的设计和制造。根据型腔、型芯的实体模型,通过适当修正形成电极的实体模型,然后生成电极的加工工艺规程,数控指令及刀具轨迹,并对电极的加工过程进行仿真。

## 3 子系统之间的信息转换

系统集成,必须解决好集成子系统之间的数据转换。在集成系统中,只有当注塑模信息在子系统Pro/E和Moldflow之间顺利转换,才能真正结合成为一个完整紧密的注塑模CAD/CAM/CAE系统。

### 1) 从 Pro/E 转入 Moldflow

PTC 公司为了使塑模设计自动化, 专门开发了一个 Pro/MOLDESIGN 模块, 并有与 Moldflow 注射模分析软件的通用接口(\*.STL). 这大大提高了模具设计的效率, 方便了零件的模拟分析. 所以这一步用 Pro/E 所生成的三维零件图输出为 STL 格式, 然后在 Moldflow 中导入即可.

### 2) 从 Moldflow 转入 Pro/E

从 Moldflow 到 Pro/E, 主要研究使 Moldflow 分析结果在 Pro/E 中实现可视化, 并应用智能化技术, 提供修改意见. 注塑模设计人员可根据直观的图形显示, 迅速更改不合理设计. 这部分工作需要用 Pro/E 的二次开发工具 Pro/TOOLKIT 程序来实现.

Moldflow 的输出结果主要的两大类: 模型文件和分析结果文件. 文件的输出格式有二进制和 ASCII 格式, 编程时选取可读懂的 ASCII 文件输出格式. 模型文件包括总模型文件, 面文件, 点文件, 单元文件, 节点文件, 模型属性索引文件和属性数据文件. 不同的分析结果对应不同的分析结果文件, 有流动分析结果文件、冷却分析结果文件、翘曲分析结果文件等. 每种分析又包括单元分析结果文件和节点分析结果文件.

程序的主要组成模块为: 模型及分析结果的数据结构重建, 模型显示, 分析结果显示及评价. 图 1 为通用程序的数据结构的拓扑关系:

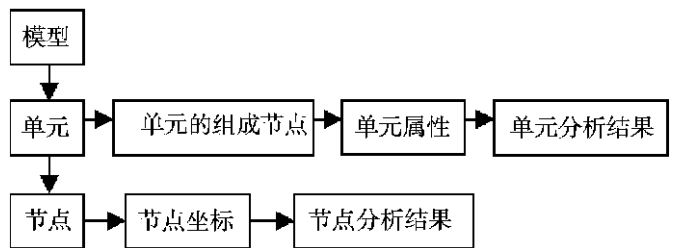


图 1 通用程序数据结构的拓扑关系

分析结果的显示及评价需要完成以下功能目标: (1) 确定零件是否充满, 快速验证零件设计是否正确; (2) 确定所设浇口是否合理; (3) 检查注射时间、模具温度、塑料温度、注射压力等是否合理; (4) 查看模腔的各最远点是否同时充满; (5) 查看模腔的各最远点是否以相同压力充满, 验证充填是否平衡; (6) 查看熔接缝和气泡的位置; (7) 检查零件各区域的应力情况, 是否超出材料许可应力; (8) 检查塑件冷却是否均匀合理, 如果不合理, 提出修改建议; (9) 查看塑件收缩后的翘曲情况, 如果不能满足零件设计要求, 提出修改建议.

## 4 信息交换的方式

为了消除传统串行的产品开发模式造成设计和制造的脱节, 减少在设计——制造——修改的大循环中造成的时间和成本的严重浪费, 可以引入并行工程的思想. 并行工程强调产品设计及其相关过程的同时进行, 要求在设计的同时考虑产品整个制造周期的各项因素, 通过多次小循环将错误最大限度地消灭于设计中. 对基于 Pro/E 的注塑模 CAD/CAM 和基于 Moldflow 的注塑模 CAE 进行分析, 针对两者各自在设计、分析上阶段性的特点, 确定在以下三个环节上作为信息交换的接口:

1) 塑件在 Pro/E 中建模完毕后, 便将产品设计信息转入到 Moldflow, 这时可进行充模分析, 快速验证产品设计的合理性, 必要时提出制品尺寸的修改意见使充填平衡, 并反馈到 Pro/E 中, 且确定最佳注塑工艺条件即时间、温度、压力等.

2) 在 Pro/E 中模具方案设计完毕, 流道系统的形状和尺寸已经确定, 信息转入 Moldflow, 这时可以进行流道平衡分析, 并将平衡分析后的流道尺寸提供给设计者.

3) 在 Pro/E 中确定了分型面、模具尺寸、冷却系统后, 将这些信息转入 Moldflow, 进行冷却、翘曲分析, 并返回信息, 修改冷却系统使冷却均匀. 在充分的信息交换中, 及时发现设计中的错误和不足, 使原来在生产中才发现的隐患, 现在可以在设计中便得到迅速的更正. 另外, 注塑模详细设计时型芯、型腔生成后可启动 CAM 模块, 验证型芯、型腔电极的可制造性、生成工艺规程等.

## 5 结束语

计算机辅助设计制造及工程分析(CAD/CAM/CAE)是一种用高技术改造传统产品制造业, 尤其是对于几乎是单件制造的模具制造业的重要关键技术. 它以计算机和数控机床为主要设备, 以数学模型为依

据,在零件设计、绘图、工程分析以及生产制造的各个环节都直接使用数字进行信息传递。由于各个软件平台开发的历史背景不同,使迄今为止的许多优秀软件都有其自己的特定的应用对象。为了用现代高新技术手段去改造传统的制造业,必须充分利用各软件之长,实现系统集成。系统集成将成为一种趋势,已引起企业界和学术界的关注。本文所介绍的 Pro/E 和 Moldflow 的集成开发正是在这方面进行的一些探讨。

#### 参考文献:

- [1] 包荣华. CAD/CAM 在注射模设计中的应用[J]. 模具制造, 2002(7): 3~ 7.
- [2] 陈家凌. UG 造型功能在塑料注塑模 CAE 中的应用[J]. 模具技术, 1996(4): 74~ 77.
- [3] 徐 艺, 等. 基于系统集成的注塑模 CAD/CAE/CAM 系统的设计与实现[J]., 1997(5): 917~ 921.
- [4] Moldflow 培训教材(英), Moldflow Pty Lid.
- [5] Parametric Technology Corporation Pro/TOOLKIT User Guide Manual [M]. USA, 1996.
- [6] 王家惠, 等. 流动模拟技术在注塑成型设计中的应用[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2002, 27(4): 49~ 52.

(上接第 52 页)

#### 参考文献:

- [1] 李建辉, 李春峰, 雷廷权. 金属基复合材料成形加工研究进展[J]. 材料科学与工艺, 2002, 10(2): 207~ 211.
- [2] 王 颢. 抗磨损抗腐蚀材料的新进展[J]. 材料科学与工程, 2000, 18(4): 116~ 119.
- [3] 徐滨士, 刘世参, 等. 表面工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 6.
- [4] 赵文珍. 材料表面工程导论[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1998. 10.
- [5] 韩雪峰, 等. 粉末复合电弧喷涂层的耐磨性能的研究[J]. 表面技术, 2002, 31(2): 20~ 21.
- [6] 周广宏, 等. Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复合涂层的制备及耐磨性研究[J]. 热加工工艺, 2002(5): 42~ 43.
- [7] 徐滨士, 刘世参, 等. 表面工程新技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002. 1.
- [8] 王立强, 阎殿然, 何继宁. 热障涂层研究状况及进展[J]. 新技术新工艺, 2002(3): 34~ 36.
- [9] Hideki Matsumura. Formation of Silicon Based Thin Films Prepared by Catalytic Chemical Vapor Deposit on (Cat CVD) Method. JpnJ. Appl. Phys. 1998, 37: 3175~ 3181.
- [10] 李美媛, 等. 电子束物理气相沉积热障涂层的高温氧化行为[J]. 金属学报, 2002, 38(9): 989~ 991.
- [11] 张友亮, 康林萍. 表面改性方法[J]. 国外金属热处理, 2002, 23(3): 6~ 9.
- [12] 熊金平, 等. 氧化物薄膜电化学沉积的研究进展[J]. 材料保护, 2002, 35(2): 4~ 6.
- [13] 吴人洁. 复合材料[M]. 天津: 天津大学出版社, 2000. 12.
- [14] 许春萱, 刘 鹏, 李海林, 等. 自蔓延高温合成陶瓷涂层的研究[J]. 表面技术, 2002, 31(3): 30~ 31.
- [15] 刘晓涛, 等. 层状金属复合材料生产工艺及其新进展[J]. 材料导报, 2002, 16(7): 41~ 43.
- [16] 李 澄, 周一扬, 黄明珠. SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> 系涂层的制备及其特性[J]. 材料保护, 2002, 35(5): 7~ 9.
- [17] 唐浩林, 等. 溶胶-凝胶法制备  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 纳米材料团聚控制研究新进展[J]. 材料导报, 2002, 16(9): 44~ 45.
- [18] Ki Chang song, etal. J Colloid Interface Sci, 1999, 212: 193.
- [19] 陈 浩, 等. 激光熔覆耐磨涂层的研究进展[J]. 金属热处理, 2002, 27(9): 5~ 8.
- [20] 李安敏, 许伯藩, 等. 激光熔覆碳化物/金属基复合涂层裂纹的产生与控制[J]. 材料导报, 2002, 16(8): 27~ 29.
- [21] 斯松华, 等. 激光熔覆等离子喷涂 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷涂层组织结构研究[J]. 表面技术, 2002, 31(4): 11~ 14.
- [22] 杨启志, 等. 真空熔烧 Ni 基合金-WC 复合涂层材料的研究[J]. 热加工工艺, 2002(4): 11~ 12.
- [23] 边 涛, 等. 金属基复合材料的自发浸渗制备工艺[J]. 材料导报, 2002, 16(1): 21~ 23.
- [24] 王永国, 等. 硬质覆层材料的液相烧结工艺研究[J]. 材料科学与工艺, 2002, 10(3): 247~ 250.