

# 注塑成型 CAD/CAE 技术概述

张夕琴

(常州机电职业技术学院, 江苏 常州 213164)

**摘要** 利用现代的设计理论方法, 结合计算机辅助技术来进行注塑模的设计和改造, 能够大幅度提高产品质量, 缩短开发周期, 降低生产成本, 从而提升企业的核心竞争能力。

**关键词** 注塑成型; CAD/CAE; 概述

中图分类号: TP391.7

文献标识码: A

文章编号: 1672-545X(2008)12-0127-03

随着科技的进步, 计算机水平的日益发展, CAD/CAE/CAM 技术在现代模具设计生产中被广泛的应用。使用计算机辅助技术不仅能够提高一次试模成功率, 而且可以使模具设计和制造在质量、性能及成本上都有很大程度的提升。图 1 给出了使用 CAD/CAE 技术进行模具设计和制造的基本过程。

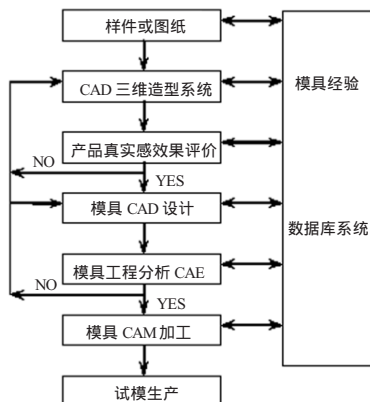


图 1 注塑成型 CAD/CAE 过程

## 1 注塑成型 CAD/CAE 的内涵

### 1.1 计算机辅助设计(CAD)

计算机辅助设计系统由硬件和软件组成。其中硬件主要是指计算机系统, 包括主计算机、工作站、终端和输出设备等。软件包括系统程序、专业应用程序和各种辅助程序。

计算机辅助设计的过程主要包括以下两个环节:

在样品或图纸基础上利用 CAD 软件进行三维造型;  
在真实感效果评价满意的基础上进行模具 CAD 设计。

### 1.2 计算机辅助工程分析(CAE)

CAE 技术是一门以 CAD/CAM 技术水平的提高为发展动力, 以高性能计算机和图形显示设备为发展条件, 以计算力学中的边界元、有限元、结构优化设计及模态分析等方法理论为基础的一项较新的技术。

注塑成型过程中, 塑料在型腔中的流动和成型, 与材料的

性能、制品的形状尺寸、成型温度、成型速度、成型压力、成型时间、型腔表面情况和模具设计等一系列因素有关。因此, 对于新产品的试制或是一些形状复杂、质量和精度要求较高的产品, 即使是具有丰富经验的工艺和模具设计人员, 也很难保证一次成功地设计出合格的模具。所以, 在模具基本设计完成之后, 可以通过注塑成型分析, 发现设计中存在的缺陷, 从而保证模具设计的合理性, 提高模具的一次试模成功率, 降低企业生产成本。

注塑成型 CAE 分析的内容和结果为模具设计和制造提供可靠、优化的参考数据。

### 1.3 注塑成型 CAD/CAE 的特点

随着 CAD/CAE/CAM 技术在模具行业的广泛应用, 传统的模具设计、制造方法必将被取代, 其强大的优势主要表现在以下几个方面。

(1) 缩短模具制作周期。CAD 系统内容丰富并且功能强大, 在 CAD 数据库中存有大量模具标准件信息, 并且专业的 CAD 系统还可以提供模具设计的专家辅助系统, 其中包含各类经验设计参数和常用设计方法可以减少设计人员因经验不足而不得不反复修模花去的时间, 从而大大简化常规设计的过程。电子化的计算机图纸, 不仅可以随时修改, 而且可以方便地输出, 大大缩短设计周期。数控机床加工的高效率是一般机床或钳加工不能比拟的。

(2) 提高模具质量。计算机辅助设计系统内的专家设计系统为设计人员提供了可靠的科学依据。在计算机辅助设计的过程中, 通过合理的人机交互过程, 可以同时发挥设计人员和计算机系统的各自优势, 从而使模具设计更加快速、合理。采用 CAE 技术通过计算机的合理模拟, 为设计人员提供可靠的参考依据, 从而优化模具设计方案。

(3) 大幅度降低成本。在当今企业竞争白热化的形式下, 降低成本是企业致胜的法宝。利用 CAD/CAM 技术可以大大缩短设计和制造周期, 同时节约大量的劳动力成本。采用计算机辅助注塑成型分析可以及早实现模具设计优化, 避免模具的反复修模、试模的过程, 从而降低成本。

(4) 有效利用有限的人力资源, 充分发挥设计人员的主观

收稿日期: 2008-09-19

作者简介: 张夕琴(1968—), 女, 江苏丹阳人, 讲师, 专业方向: 机械设计。

能动性。利用 CAD/CAE 技术可以将设计人员从繁忙的计算和绘图中释放出来,充分发挥有限人力资源的最大优势,并且通过先进的设备和工具,可以使设计人员最大限度地发挥个人的主观能动性,得到更多的创造性成果。

(5) 利于技术资料的储备,提供企业的管理水平。CAD/CAE 技术的应用可以使企业方便地整理和储备企业技术资料,使企业的产品开发走上良性循环的轨道,同时应用计算机辅助技术可以使模具设计和制造更加科学合理,减少盲目性。

## 2 有限元分析

注塑产品成型仿真及分析软件采用的基本思想,一般是工程领域中最为常用的有限元方法,就是利用假想的线(或面)将连续的介质的内部和边界分割成有限大小的、有限数目的、离散的单元来研究。这样,就把原来一个连续的整体简化成有限个单元的体系,从而得到真实结构的近似模型,最终的数值计算就是在这个离散化的模型上进行的。直观上,物体被划分成“网格”状,在 Moldflow 中将这单元称为网格(mesh),如图 2 所示。

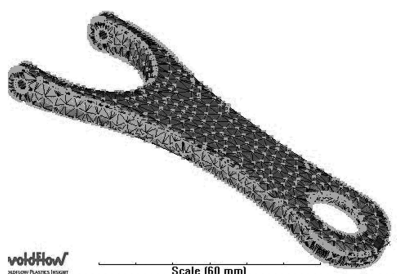


图 2 有限元模型

### 2.1 有限元的基本思想<sup>[1]</sup>

连续系统(包括杆系、连续体、连续介质)被假想地分割成数目有限的单元,单元之间只在数目有限的节点处相互连接,构成一个单元集合体来代替原来的连续系统。在节点上引进等效载荷(或边界条件),代替实际作用于系统上的外载荷(或边界条件)。

由分块近似的思想,对每个单元按一定的规则(由力学关系或选择一个简单函数)建立求解未知量与节点相互作用之间的关系(力 - 位移、热量 - 温度、电压 - 电流等)。

把所有单元的这种特性关系按一定的条件(变形协调条件、连续条件或变分原理及能量原理)集合起来,引入边界条件,构成一组以节点变量(位移、温度、电压等)为未知量的代数方程组,求解它们就得到有限个节点处的待求变量。

所以,有限元法实质上是把具有无限个自由度的连续系统理想化为只有有限个自由度的单元集合体,使问题转化为适合于数值求解的结构型问题。

有限元法是 CAE 中求解复杂工程问题的一种近似数值解法,被广泛应用到力学、热学、电磁学等各个学科,主要分析工作环境下物体的线性和非线性静态特性等性能。结构 CAE 技术是主要应用有限元法等技术,通过给定条件如材料属性、负载条件、边界条件、装配连接设定等,对结构进行力

学、热学的分析及诊断,提供给用户具体、形象的数据表达形式,提供结构设计校核数据。

### 2.2 有限元法求解问题的基本过程

主要包括:分析对象的离散化、有限元求解、计算结果的处理三部分。

由于计算机及计算技术的飞速发展,开发对象的自动离散及有限元分析结果的计算机可视化显示技术“瓶颈”现象得以逐步解决,对象的离散从手工到半自动到全自动,从简单对象的单维单一网格到复杂对象的多维多种网格单元,从单材料到多种材料,从单纯的离散到自适应离散,从对象的性能校核到自动自适应动态设计、分析,计算结果的可视化显示可对应力、应变和温度等场的静态显示、彩色调色显示,也可对受载对象可能出现缺陷(裂纹等)的位置、形状、大小及其可能波及区域等进行显示。

## 3 CAE 技术的发展

### 3.1 模塑 CAE 技术的发展

注塑模 CAE 软件的发展经历了从中面流技术到双面流技术再到实体流技术的三个重要的里程碑。目前由于实体流和双面流技术算法的不完善,三种分析技术仍然并存。

中面流(Midplane)技术的应用始于 20 世纪 80 年代。中面就是提取的位于模具型腔和型芯中间的层面来简化 3D 模型。用一维和二维的耦合算法和来代替三维计算。基于中面流技术的注塑流动模拟软件应用的时间最长、范围最广。但实践表明,基于中面流技术的注塑模 CAE 软件在应用中具有很大的局限性:

(1) 专业的注塑模 CAE 软件造型功能较差,采用手工操作直接构造中面模型十分困难,建构过程往往需要花费大量的时间;

(2) 由 CAE 软件根据产品三维模型自动计算生成中面模型的效果不理想,网格修补工作量大;

(3) 由于 CAD 阶段使用的是产品的物理模型,而 CAE 阶段使用的是产品的数学模型,两者的不统一,使得二次建模不可避免。

由此可见,中面模型已经成为了注塑模 CAE 技术发展的瓶颈。

20 世纪 90 年代后期双面流(Fusion)技术诞生。双面流是指在制品的内外表面产生有限元网格,而不是在中间面。目前基于双面流技术的注塑模 CAE 软件均可以将 CAD 系统输出的三维模型的 STL 文件格式,转化为有限元网格模型。因此与中面流技术相比,在模型处理上却大大减轻了用户建模的负担,提高了有限元建模的效率。因此,基于双面流技术的注塑模 CAE 软件,在全世界拥有了庞大的用户群,得到了广大用户的支持和好评。但由于上下表面网格无法一一对应,造成上下对应表面的熔体流动前沿存在差别,使得双面流技术分析的准确性受到一定的限制。此外,双面流技术也只是一种从中面流技术向实体流技术过渡的手段。实体流技术最终必将取代双面流技术。由于中面流技术久经考验,计算速度快,分析

准确性高,至今仍然是注塑成型 CAE 分析的主流。

### 3.2 气辅成型 CAE 模拟技术

在产品设计、模具设计和制造以及制定成型工艺之前,通过 CAE 分析可以模拟熔体充填和气体穿透情况,预测和发现原设计方案中潜在的问题,还可以对浇口位置、进气点位置、流道尺寸、制件厚度和工艺条件等进行优化设计。通过 CAE 分析还可以找到生产中制件缺陷产生的原因,并提出相对的改进方案。CAE 分析软件的内核是用于模拟熔体充填和气体穿透的计算算法,分析结果通过人机界面以三维图像或文本形式体现。输入的信息主要是制件的 CAD 几何造型、相关材料的性能参数等。控制信息包括用户经验、工艺参数和计算参数等,用户经验丰富与否对材料选择、工艺参数制定和分析结果的准确程度都具有较大的影响,具有丰富的气辅成型工艺经验和对软件的深刻了解的操作人员,会极大地发挥 CAE 分析软件的作用<sup>[2]</sup>。

气辅成型充填过程模拟技术,主要采用二维半模型的有限元、有限差分、体积控制混合法进行模拟分析。三维模型由于考虑温度场时计算量大,而还没有进入实质应用阶段,但其计算精度高、模拟准确,是 CAE 模拟分析的发展趋势。目前的气辅成型 CAE 分析软件,一般采用幂次模型或改进 Cross 模型描述熔体的流变行为。CAE 分析软件中一般带有几何建模软件包,可以生成点、直线、圆弧、Spline 线、平面、旋转曲面、流道等,基本能够满足几何建模和模型修改的需要。由于分析精

度由所使用的有限元网格的大小决定,因此进行几何造型时,小于网格尺寸的细节如圆角、小洞、台阶等可以忽略。对于复杂制件,可利用其它 CAD 软件建立模型,然后再通过软件的几何模型接口程序读入模型数据,并转化为软件缺省的模型格式。一般常用的接口格式有 IGES 和 STL 模型格式等<sup>[3-5]</sup>。

## 4 结束语

随着计算机硬件和软件技术的发展,气辅注塑成型的计算机辅助工程技术越来越受到人们的重视,工程技术人员设计气辅注塑成型工艺参数,利用 CAE 技术可以在产品成型之前预测可能出现的缺陷,并通过修改某些参数做到各参数在整体上的最优化。近年来 CAE 软件由于在其功能上日益完善,因而使得 CAD/CAE 技术在生产实践中发挥越来越大的作用。

参考文献:

- [1] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
- [2] 梁瑞凤. 德英美三国气体辅助注塑技术的发展现状[J]. 化学通报, 1997,(7):58-62.
- [3] 张华. 气体辅助注塑成型模拟的研究[D]. 武汉:华中理工大学, 1998.
- [4] 苏梅. 工艺参数对气指缺陷影响关系研究[D]. 长春:吉林大学, 2006.

## Overview of Injection Molding Technology in CAD/CAM

ZHANG Xi-qin

(Changzhou Institute of Mechatronic Technology, Changzhou Jiangsu 213164, China)

**Abstract** Using modern design theory method and combining with advanced technology to conduct computer-assisted injection mold design and improvement, can significantly improve product quality and shorten the development cycle and reduce production costs so as to enhance the enterprise's core competitiveness.

**Key words** injection molding; CAD / CAE overview

(上接第 123 页)

## The Application of Grips in Curved Surface Modeling Based on CAXA- Manufacturing Engineer Software

ZHAO Xin-ye<sup>1,2</sup>

(1. College of Electrical Engineering Guangxi University, Nanning 530004, China

2. Guangxi Hydraulic and Electric Polytechnic, Nanning 530023, China)

**Abstract** Grip is the importance points for controlling characteristic location in CAD's graphic object. Taking full advantage of grips can increase efficiency in CAD/CAM modeling. But grips don't appear in use CAXA- Manufacturing engineer software. This article introduce the method for finding and applying grips in curved surface modeling based on CAXA- ME software.

**Keywords:** grips; modeling; CAXA