

文章编号: 1001-4934(2007)06-0050-04

基于Pro/E与ANSYS的一模多腔模具热分析

陈耀武¹, 赵良知¹, 黄锦强²

(1.华南理工大学 工控学院, 广东 广州 510641;

2.广东心华药用包装有限公司, 广东 江门 529200)

摘要: 针对一模多腔模具在加热过程中由于散热问题引起的模腔温度不一致问题, 应用Pro/E建立有限元热分析模型, 基于热分析理论并采用ANSYS对模具的温度场分布进行分析, 实现了几何建模和有限元分析的无缝集成, 为模腔温度控制提供了参考, 达到生产过程中模腔温度一致的目的。

关键词: Pro/E; ANSYS; 热分析; 一模多腔

中图分类号: TG391.72 **文献标识码:** B

Abstract: In terms of disagreement of the heat dissipation, this paper used Pro/E to establish the finite element thermal analysis model of the multi-cavity mould. Temperature profile of the mold was analyzed by using ANSYS based on thermal analysis theory. Seamless integration between geometric model and FEM was achieved, providing reference to temperature control and making consistency of the temperature of the mould possible.

Keywords: Pro/E; ANSYS; thermal analysis; multi-cavity mould

0 引言

一模多腔模具已经被用于药用注吹包装塑料瓶成型加工上, 而医药包装要求一般比较高, 在使用一模多腔模具时, 因为一模多腔模具具有多个模腔, 同时每个模腔与模具边缘的距离不一, 这就造成了模具各腔由于散热问题引起温度不一致, 位于中心的模腔温度偏高, 而两侧的模腔温度偏低。温度的不一致除了造成型腔和型芯的中心不对齐之外, 还会要么使中心型胚成型困难, 要么使两侧型胚难以吹胀, 造成次品的产生。对模具进行热分析, 将有助于了解模具加热后的温度分布, 从而为控制各模腔温度均等提供必要的参考。

当前有许多专门用于有限元分析的软件, 如ANSYS、NSTRAN、COSMOS等, 它们有相对完整的前、后处理模块, 并以高效的求解算法闻名, 可完成多学科、多领域的分析任务。但是, 这些软件的CAD功能相对较差, 往往难以完成复杂的建模, 因此大大影响工作的效率。而Pro/E拥有功能强大的CAD模块, 建模恰恰是其优势所在, 因此利用Pro/E系统提供的有限元分析功能, 可以方便地完成有限元的前期处理工作, 快速建立有限元模型, 然后将有限元模型导入到专业有限元软件中进行计算、分析, 既可克服专业有限元软件前处理能力不足的缺点, 还可以大大提高整个有限元分析工作的效率。

收稿日期: 2007-06-28

作者简介: 陈耀武(1982-), 男, 硕士研究生。

1 热分析基本理论及方法

1.1 热分析相关理论

一般而言,热分析可分为稳态热分析和瞬态热分析两种。其中,温度场随时间而发生变化的传热过程称为瞬态传热,反之则为稳态传热。在进行瞬态热分析以前,通常需要通过稳态热分析来确定初始温度分布;而对于一个从瞬态逐渐过渡到稳态的传热问题,则将稳态热分析作为瞬态热分析的最后一步工作,用以确定系统在稳态时所处的状态。

根据能量守恒原理,上述两种情况的热平衡方程可以统一表达为:

$$\frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{\lambda} \quad (1)$$

式中: a ——热扩散率(或称导温系数), m^2/s

λ ——导热系数, $W/m \cdot ^\circ C$

q_v ——内热源强度, W/m^3

导热体无内热源时 q_v/λ 项等于零,对于稳态温度场,则 $\partial t/\partial \tau = 0$ 。

根据本文分析的模具的成型过程,模具无内热源,边界为对流换热边界条件,属于第三类边界条件,换热系数 a 和介质温度 t_f (模具的环境温度) 根据实测温度和计算结果估算。边界条件如式(2)所示:

$$a(t_w - t_f) = -\lambda \left. \frac{\partial t}{\partial n} \right|_w \quad (2)$$

1.2 热分析方法及工具

热分析过程是指对一个系统在加热或是冷却过程中其热场分布状态及其变化规律的分析 and 描述。分析的方法可分为解析法、实验分析法和数值算法3种。其中,解析法以数学为基础求解定解问题,得出的解用函数形式表达。虽然此法求得的解精确可靠,但通常只能用于有规则边界条件的问题;实验法是利用热像仪等分析仪器进行测试分析的方法,其操作简单,缺点是只能获得被测对象的表面温度,并且要求必须有被测实物等;数值算法是一种以

离散数学为基础的求解方法,常见的是有限元法和有限差分法。此法求解精度高,适宜于解算复杂模型,是当前广泛应用的一种方法。

一模多腔模具的热场可以用偏微分方程描述。在各种热场问题的模型及其数值解的方法中,有限元分析法特别适合解决具有复杂边界的偏微分方程及求解过程的向量化。这时,我们可以把热平衡方程用矩阵形式表达为:

$$[C(T)]\{\dot{T}\} + [K(T)]\{T\} = Q(T) \quad (3)$$

式中: $[K(T)]$ ——传导矩阵,包含导热系数、对流系数及辐射率和形状系数

$[C(T)]$ ——比热矩阵,考虑系统内能的增加

$\{T\}$ ——节点温度向量

$\{\dot{T}\}$ ——温度对时间的导数

$[Q(T)]$ ——节点热流率向量,包含热生成但物体的材料参数 $K(T)$ 、 $C(T)$ 等不随温度的变化而变化,即二者分别为 K 和 C 时,式(3)即为系统稳态热分析表达式。

基于有限元分析的优点,在本文中根据实际条件以及软件的功能选择采用 ANSYS 作为对一模多腔模具进行热分析的工具。ANSYS 是现今最强大的通用化工具软件之一,广泛应用于航空工业、汽车工业、电子工业等许多行业,它能解决不同领域中的各种各样问题的分析和设计,除具有强有力的结构分析功能(线性静力分析,非线性静力分析,线性动力分析,非线性动力分析)之外,还针对其他一些领域,如电场、磁场、热场、流场等提供了专门的算法和分析功能。同时,它还具有很完善的前处理、求解和后处理功能。在后处理模块中,强大的图形功能也使得结果分析变得更加形象和直接。

2 设计与分析

本文利用实体建模软件 Pro/E 和有限元分析软件 ANSYS 各自的功能优点,对一模多腔模具的进行实体建模和热分析,通过数据转换接

口, 将二者有效地集成为一体, 最终构造了一个较为完整的模具CAD/CAE设计系统。

2.1 模型建立

所要分析的模具如图1所示。在进行模具有限元分析时, 在保证分析精度的前提下, 适当简化模型是很有必要的。考虑到模具的对称性, 在Pro/E下截取模具的1/4为有限元分析模型, 这样既可以简化计算过程又可以得到可靠的分析结果, 如图2所示。将活塞模型移至Pro/MECHANICA环境下, 这样可以完全利用在Pro/E中所建立的几何信息, 选取热力分析模式(Thermal)并勾选有限元模式。设置模型材质(Model Materials)。模具的材料为STEEL, 设定比热容为 $473.341 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$, 热导率为 $43.0125 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

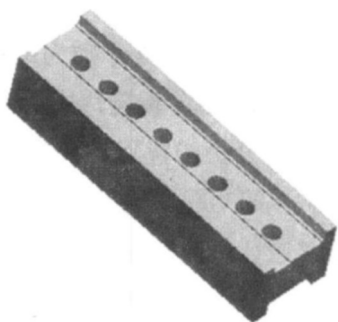


图1 一模八腔模具

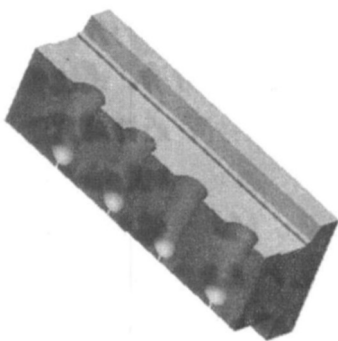


图2 模具的四分之一

2.2 热载荷的施加和边界条件的设置

热载荷为从热流道流进的熔融熔料对模具各腔传递的热量。由于模具连续长期生产, 相对于塑料制品的成型周期, 可以简化分析为使用稳态过程, 即把熔料传热给模具的过程简化

成一个平稳恒定的热源对模具加热, 加热一段时间后模具表面温度相对稳定。根据制品的成型周期 23 s 、熔料(PE)的比热容 $2.3 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 、熔料进入模腔前后的温度降 65°C 、一次注射量 14.5 g (单个)、热量传给型腔的比率 0.4 等计算出单位时间的输入热量 Q 值为 5000 J , 传热表面为模具各模腔面, 熔料均匀地分布在模腔表面且进入各模腔的熔料温度一致。在模具上下左右表面设定换热边界条件(Surface Convection Condition), 因室内空气流动不大, 所以设其对流导热系数 $h=0.025 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ 、流体温度即空气温度为 25°C , 至此形成一个完整的有限元热分析模型。

2.3 网格划分和分析文件的输出

Pro/E是基于适应性P-method技术进行工作的, 区别于传统的有限元软件采用非适应性H-method技术。在P-method技术中, 每个有限元的位移方程都是高次多项式(三次以上); 而H-method技术每个有限元单元的位移方程则是线性方程、二次方程, 甚少为三次方程, 这样划分出的有限元网格单元较小, 数目较多, 但是与实体边界拟合得不好。适应性P-method技术划分出的有限元网格单元较大、数目较少, 与实体边界拟合得较好。

Pro/E提供了自动网格划分器AutoGEM, 划分前先对网格参数进行设定, 划分后检查网格划分情况, 对网格划分进行优化。划分后的网格如图3所示。设定有限元后处理软件为ANSYS, 输出模型文件fenxi.ans。

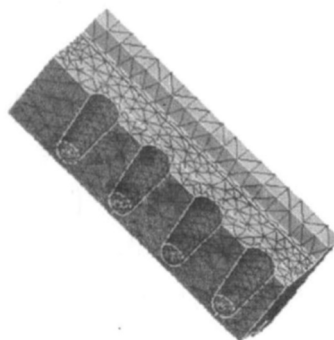


图3 模具网格的划分

