

注射成型与模具结构一体化分析统一网格生成技术*

黄明 刘春太 苗军伟 陈静波

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 针对目前注射成型与模具结构分析分别采用相互独立的网格, 二者的分析数据无法实现相互无缝输入, 导致成型与模具一体化分析边界条件加载存在困难的问题, 提出了统一网格的概念, 并基于 APDL 参数化语言给出了统一网格生成的技术与方法, 实现了成型分析与结构分析在互为边界上网格节点的一一对应, 达到了数据相互无缝输入的目的。该技术解决了在真实成型压力或温度作用下开展模具变形分析面临的网格匹配及数据共享难题, 具有极强的应用价值。

关键词 统一网格 结构分析 成型分析 注塑模

注塑模 CAE 技术是指对塑料件充填、保压及冷却等成型过程开展分析的模拟技术^[1], 目前已被许多工程技术人员采用。然而, 当前的注塑模 CAE 软件仅仅针对塑料件的成型过程开展分析, 并不考虑成型过程中压力、温度等对模具结构变形的影响及模具结构变化对塑料件成型的影响。随着人们对塑料件质量和精度的要求越来越高, 利用 CAE 技术开展成型与模具结构一体化分析、综合评估塑料件的成型与模具的刚度已必不可少, 特别是大型模具, 如果模具刚度不足、温度变化过大, 容易导致模具型腔过度变形, 导致脱模困难甚至胀模^[2-3]。

目前, 众多的文献报道中, 在开展塑料件成型和模具结构分析时, 均是使用各自的分析软件分别针对塑料件和模具划分成型分析网格和结构分析网格, 两种网格间不具有相关性, 塑料件成型和模具结构分析结果数据无法实现相互无缝输入, 导致无法开展真正意义上的塑料件成型与模具结构一体化分析。文献 [4-7] 在开展压力作用下模具结构 CAE 分析时, 对压力数据进行了人为地简化处理, 采用的是在有限的几个局部区域直接加载均布压力载荷的办法, 而型腔内真实的压力分布并没有加载到型腔表面, 这对结构分析结果势必造成影响; 并且这种人为的数据简化和条件加载非常繁琐, 需要有足够的实践经验。针对上述一体化分析存在的网格不匹配问题, 笔者基于 APDL 参数化语言, 以成型分析软件 Moldflow、Z-mold 和结构分析软件 ANSYS 为平台, 研究并提出了一种成型和结构一体化分析统一网格生成的技术与方法, 实现了成型分析与结构分析网格表面节点的一一对应, 实现了 Moldflow 和 Z-mold 成型分析结果到 ANSYS 结构分析的无缝输入。并以法兰盘为例对该法进行详细阐述。

1 塑料件成型与模具结构分析网格

对于注射成型分析, 主要有基于中面模型和实体模型的二维和三维流动模拟分析, 以及在中面模型基础上发展起来的基于表面模型的准三维流动模拟分析, 所采用的网格分别是中面网格、三维网格和表面网格(见图 1~图 3)。一般情况下, 它们所采用的单元分别是三角形、四面体及三角形单元。

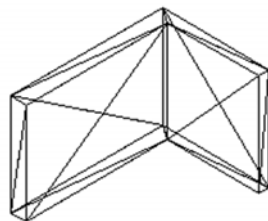


图 1 CAD 模型

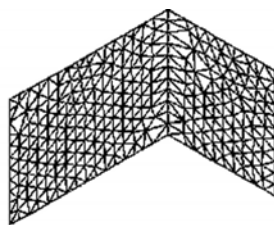


图 2 中面网格

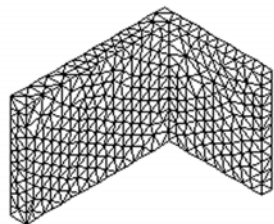


图 3 三维网格

* 国家自然科学基金面上项目(10872186)、河南省教育厅自然科学研究计划项目(2010 A430015)

收稿日期: 2010-09-15

相对于成型分析单元的单一性, ANSYS 可供选择的有杆、梁、壳和实体等多种类型一百余种单元。这需要对解决问题的本身有非常明确的认识, 然后选择适当的单元。比如开展模具三维结构分析, 选择 Solid45 单元就比较合适。

2 统一网格的生成方法

2.1 统一网格概念的提出

对于成型分析, 不管所采用的是三角形单元还是四面体单元, 在塑料件网格表面上所呈现的均是三角形, 从成型分析到结构分析的数据传输也只需要把这些表面三角形单元上的结果传到结构分析所对应位置上的单元即可, 因此我们只需要建立起塑料件表面三角形单元及节点与模具型腔、型芯表面三角形单元及节点的一一对应关系即可。沿着这个思路, 首先对模具开展四面体网格划分, 那么在模具型腔或型芯表面所呈现出的就是三角形网格, 把这层表面网格提取出来即为塑料件的表面三角形网格, 提取过程见图 4。提取的网格即为成型分析所需要的表面网格, 可直接进行表面模拟分析; 如果需要开展实体模拟, 只需要在该表面网格的基础上利用注射成型软件继续生成实体网格即可; 对于几何形状不复杂的塑料件, 可以提取型芯或型腔的表面网格并赋予厚度作为塑料件的中面网格来开展中面模拟。因此, 这里笔者把统一网格定义为: 两种或多种 CAE 分析在互为边界上的网格具有相同或关联单元信息、能确定一一对应关系的网格。

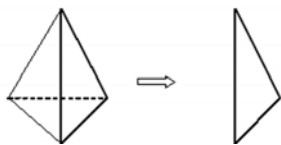


图 4 表面三角形网格的提取

2.2 基于 APDL 的统一网格生成方法

(1) 在 ANSYS 中导入塑料件的 CAD 模型, 初步确定模具的尺寸并生成模具的 CAD 模型, 由布尔运算在模具 CAD 模型上生成型芯或型腔;

(2) 利用“面选择 (ASEL)”、“体选择 (VSEL)”等 APDL 命令识别型芯或型腔的表面, 这是关键点之一, 表面的正确识别直接关系着塑料件网格的正确与否, 并且对于结构复杂的塑料件通过鼠标来识别表面几乎是不可完成的任务;

(3) 在已识别并选取的表面上划分三角形网格, 利用“CDWRITE”命令把网格保存为 ANS 格式的数据文件, 提供给成型分析使用;

(4) 在已经生成型腔、型芯表面三角形网格基础上, 映射生成模具三维实体网格, 供模具结构分析使用, 然后删除表面网格。

上述过程如图 5 所示, 整个过程的完成需要技术人员掌握 APDL 参数化语言的相关知识, 但相对于使用模流软件划分网格要简洁许多。

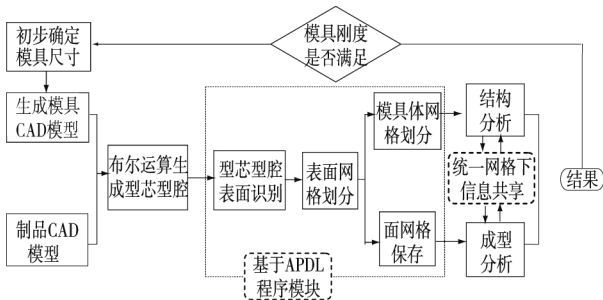


图 5 基于统一网格的一体化分析

3 实例

以具有一定几何复杂度的法兰盘为例给出统一网格的生成及数据的无缝输入方法, 法兰盘外环直径为 120 mm, 厚度为 13 mm。

3.1 生成统一网格

首先, 将 Pro/E 生成的法兰 CAD 模型 (见图 6) 以 IGS 的格式导入 ANSYS, 并由布尔运算生成模具型腔的 CAD 模型 (见图 7), 这里初步确定模具尺寸为 180 mm × 180 mm × 60 mm; 选取 shell63 作为型腔面网格单元、solid45 作为模具体网格单元, 模具材料参数设置为弹性模量 2×10^5 MPa、泊松比 0.3; 接着使用 APDL 参数化命令识别型腔内表面, 并划分网格, 如图 8 所示; 然后利用“CDWRITE”命令将面网格以 ANS 格式保存, 并导入成型分析软件, 如图 9 所示; 最后根据面网格映射生成模具的体网格, 如图 10 所示。由图 9、图 10 可以发现, 成型分析网格和型腔表面网格单元的分布是完全一样的, 单元节点的内部编号也是完全一样的, 因此数据的传递问题也就迎刃而解, 这就是统一网格所具有的显著特征。

3.2 成型分析与结构分析

(1) 成型分析

成型工艺参数设置: 熔体温度 160℃, 模具温度 25℃, 注射时间 3 s, 保压时间 10 s, 冷却时间 15 s。选用聚氯乙烯材料, 使用双浇口, 位置在法兰内径两侧。充填结束时法兰的压力分布如图 11 所示。一般情况下, 充填结束时时刻注塑压力达到最大, 模具所承受的压力也就最大, 我们选取该时刻的压力分布



图 6 法兰 CAD 模型

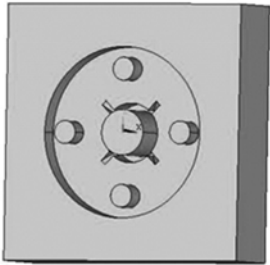


图 7 型腔 CAD 模型

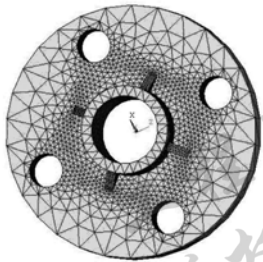


图 8 型腔面网格

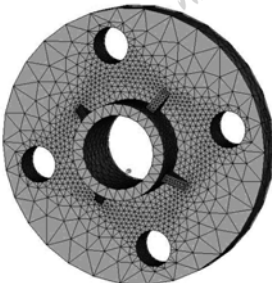


图 9 导入 MPI 后的表面网格

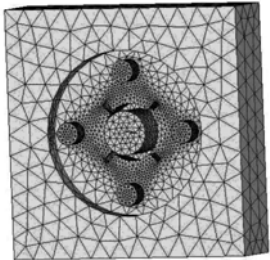


图 10 型腔体网格

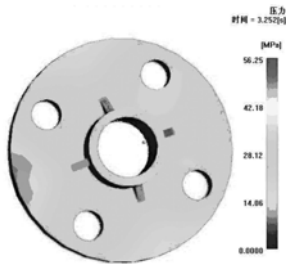


图 11 成型压力分布

加载到型腔表面,是一体化分析研究需要解决的又一关键问题。具体实现方法为:基于 APDL 参数化命令 * DIM”建立数组,使用 * VREAD”命令从成型分析压力数据文件中读取压力值并填充到已定义的数组中,然后使用 \$FFUN”命令把压力加载到型腔表面的对应节点上,加载后的压力分布见图 12。最后将与定模板接触的模具表面节点完全约束,完成结构分析需要的相关设置,开展结构分析,分析结果如图 13 所示。从图 13 可以看出,在 X 和 Y 方向的最大变形分别为 0.002647 mm 和 0.00291 mm,压力引起的最大总变形为 0.003464 mm,压力引起的型腔变形比较小,模具刚度满足要求。

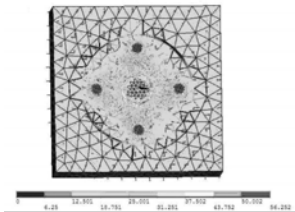
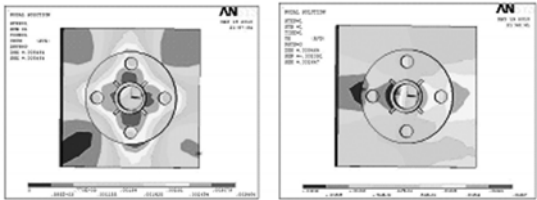
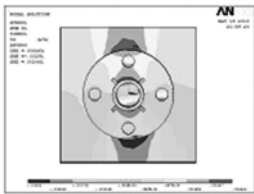


图 12 压力加载



(a) (b)



(c)

a—模具总变形; b—X 方向变形; c—Y 方向变形

图 13 变形分析图

作为输入条件,开展模具的结构变形分析。

(2) 数据的输入与结构分析

结构分析之前如何把成型的压力分布值无缝地

这里需要指出的是,我们也可以使用经验公式

(1) 对模具型腔的变形进行计算,计算结果为

0.00274 mm, 与 CAE 分析得到的 X 方向和 Y 方向的变形比较接近, 但是经验公式的计算结果并不能反应模具的总体变形情况。并且随着模具构造的复杂度上升, 式(1)中的参数很难选取, 需要完全依靠经验。所以, CAE 一体化分析对于结构复杂、精密模具的刚度校核特别重要。

$$\delta = Ch^4 P / (ES^3) \quad (1)$$

式中: δ ——型腔最大变形量, mm;

h ——型腔深度, mm;

P ——型腔压力, MPa;

E ——模具钢的弹性模量, MPa;

S ——侧壁厚, mm;

C ——型腔最长边 L 与型腔深度的比值。

采用该公式估算法兰盘的变形中, L 取 120 mm, h 取 13 mm, S 取 30 mm, E 取 2×10^5 MPa。

4 结语

针对当前注射成型与模具结构一体化分析存在的网格不匹配问题, 提出了统一网格的概念, 并研究给出了统一网格生成的方法, 实现了成型分析到结

构分析数据的无缝传输, 解决了当前一体化分析存在的技术障碍, 具有极强的应用价值。最后以法兰盘为例阐述了统一网格生成、压力如何无缝传输问题, 以及开展了模具在真实压力作用下的结构变形分析。当然, 利用提出的统一网格方法同样可以进行温度、热流等数据的传输, 进而开展模具的热力耦合分析。

参考文献

- [1] 申长雨. 塑料模具计算机辅助工程[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998.
- [2] 陈占春, 李志平, 严正. 精密注射成型技术的研究进展[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(7): 67-69.
- [3] 苗彦. 大型塑料注射模成型工作尺寸的计算[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2001(4): 38-40.
- [4] 刘斌, 覃孟然, 冯彦洪, 等. 大型注塑模具型腔刚度优化分析[J]. 模具工业, 2007, 33(2): 1-4.
- [5] 李宏生, 郭志英, 李德群. 利用 CAE 确定精密注塑成型模具的型腔尺寸[J]. 塑料, 2005, 34(4): 90-93.
- [6] 王大中. 大型注射模具 CAE 分析[D]. 成都: 四川大学, 2003.
- [7] 陈志新, 黄凡. 基于 Moldflow 和 Ansys 的注塑模具变形模拟分析[J]. 机械设计与制造, 2009(3): 246-248.

GENERATION TECHNOLOGY OF UNIFORM MESH IN INTEGRATION ANALYSIS OF INJECTION MOLDING AND MOLD STRUCTURE

Huang Ming, Liu Chuntai, Miao Junwei, Chen Jingbo

(National Engineering Research Center for Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT At present, the injection molding analysis and the mold structural analysis respectively employ the unrelated mesh. Their analysis results can not be directly imported mutually, which leads to the load of boundary condition having much obstacles and difficulty in the integration analysis. In order to conquer the problem, the concept of uniform mesh is presented, and the method and technology of uniform generation based on the APDL are studied. The technology realizes the one-to-one matching of the mesh nodes on the mutual boundary of the molding and structural analysis, and achieves the goal of the data sharing. This technology solves the problem of mesh matching and data sharing for the mold deformation prediction under the load of the real molding pressure or temperature, and possesses great application value.

KEYWORDS uniform mesh, structural analysis, molding analysis, injection mold

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务, 《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com)网站已开设“技术转让与合作”栏目, 以便买卖双方有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让, 公司新产品、新技术简介等方面。另外, 为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象, 《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍, 人物专访等。来稿字数控制在 5000 字以内, 可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊, 是中国工程塑料工业协会会刊, 国内外公开发行, 屡获国家期刊奖, 是中国塑料行业的权威媒体, 知名度高, 发行量大。可确保您发布的信息有足够的浏览量。

欢迎各有关企事业单位踊跃投稿!

投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址: 济南市 108 信箱杂志社 邮编: 250031

电话: 0531-85878057 85878278 传真: 0531-85947355 85878057 E-mail: epa@epa1973.com