



ADINA 对新型剪切啮合复合型转子流场的分析

汪传生, 张德伟, 侯美连, 边慧光
(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 新型剪切啮合复合型转子具有复杂的构型, 在混炼过程中胶料的流动状态也十分复杂。利用 ADINA 对新型剪切啮合复合型转子在混炼过程中的流场进行了有限元分析, 能够得到该流场的压力、速度、黏度等参数的变化情况, 为对胶料混炼状态进行分析提供了直观的依据。

关键词: ADINA; 剪切啮合; 转子; 流场

中图分类号: TQ 330.4⁺3

文献标识码: B

文章编号: 1671-8232(2011)02-0020-05

0 前言

新型剪切啮合复合型转子在一个转子体上同时具有剪切棱和啮合棱, 其结构复杂、特殊, 而且转子在周向和轴向的方向上有间隙变化, 使胶料在混炼过程中的流动状态也非常复杂。利用 ADINA 对新型剪切啮合复合型转子的流场进行有限元分析, 已成为不通过实验便可以判断胶料混炼状态的一种手段, 具体地说, 就是仅通过 ADINA 的模拟分析就可以得到胶料在混炼过程中流动变化情况的直观结果。根据 ADINA 的分析结果判断胶料的混炼状态, 从而避免了实验过程中的各种干扰和不稳定因素, 节约了大量的资金和能源。

对转子的流场进行有限元分析, 一般使用非牛顿流体有限元模型对流场进行求解^[1]。求解的主要内容包括压力场、速度场、剪切应力场、黏度场的计算。而非牛顿流体的有限元分析一般情况下采用黏度迭代收敛方法, 求解时, 计算思路如图 1 所示。

1 建立模型

用 ADINA 对新型剪切啮合复合型转子的

作者简介: 汪传生(1960-) 男, 安徽安庆人, 博士生导师, 主要从事高分子材料加工机械的教学和科学研究。现任青岛科技大学机电工程学院院长。

流场进行有限元分析时必须首先建立转子的实体模型, 其次, 依据转子的实体模型建立流场的物理模型以及有限元模型, 进而对流场进行 ADINA 分析。在本实验中建立的新型剪切啮合复合型转子的实体模型如图 2 所示。

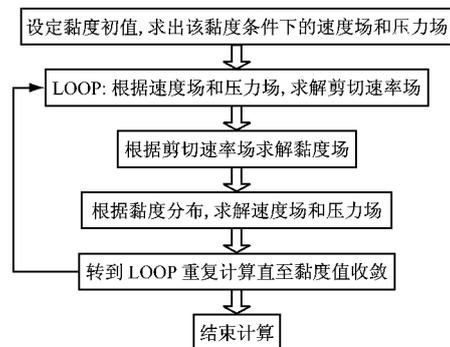


图 1 黏度迭代收敛方法的计算思路

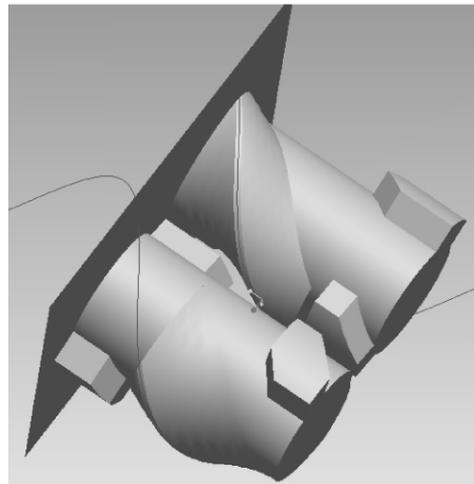


图 2 剪切啮合复合型转子的实体模型

1.1 建立物理模型

为方便建立物理模型,假设胶料充满了密炼室。图 3 所示是新型剪切啮合复合型转子流场的物理模型,它是充满密炼室的胶料减去两个转子的体积形成的。在混炼过程中,胶料在转子外表面和密炼室内壁之间的狭小间隙内流动,由于新型剪切啮合复合型转子的构型非常复杂,因此,转子流场物理模型的结构也十分复杂。为了提高分析结果的精确性,在建立转子流场的有限元模型时,应该在几何形状复杂的地方加大网格密度。

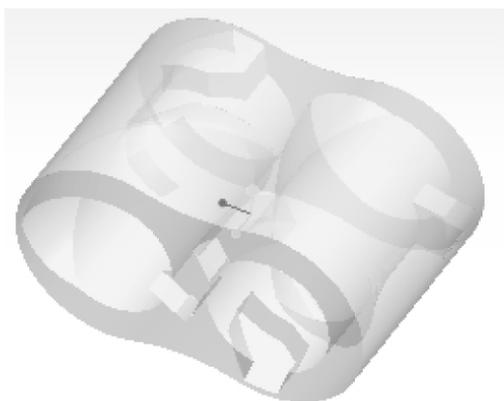


图 3 新型剪切啮合复合型转子流场的物理模型

1.2 建立有限元模型

建立有限元模型即是对物理模型进行网格划分,网格划分是有限元分析的关键步骤,网格的质量直接关系到结果的准确性,而网格划分的关键是给出合理的划分信息,以便提高求解速度和精度。通过对每一个部分划分单元组,独立地生成各部分流场的节点,这样便可以灵活控制生成单元的数量及网格密度,从而提高求解精度。新型剪切啮合复合型转子的网格单元采用四面体结构的实体单元,在保证精度的同时允许使用不规则的形状,运算精度高,但是计算所需的时间较长。建立的新型剪切啮合复合型转子流场的有限元模型如图 4 所示。

流场选用笛卡儿坐标系,坐标原点设在整个流场模型的正中心位置。为了保证计算结果的合理性和准确性,拟采用国际单位制,即压力单位为帕,长度单位为米,时间单位为秒,质量单位为千克。

1.3 基本假设

由几何形状、物料性质、流动状态、加工条件等因素造成了新型剪切啮合复合型转子流场

的复杂性,所以,为了便于研究,首先作以下基本假设^[2]:

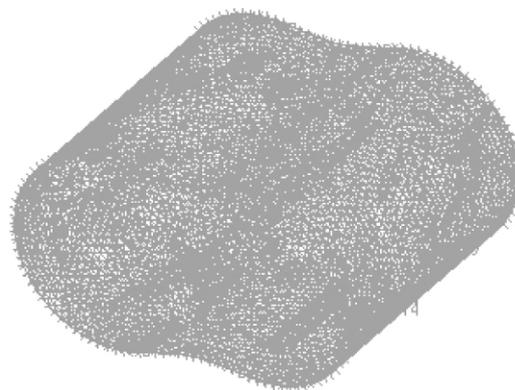


图 4 新型剪切啮合复合型转子流场的有限元模型

- (1) 流体为幂律流体且不可压缩;
- (2) 流体在流场内是完全充满的;
- (3) 流体在流场壁上无滑移;
- (4) 雷诺数较小,可认为流体流动为层流;
- (5) 惯性力、重力等远小于粘滞力,忽略不计;
- (6) 流场为稳定流场,即各加载物理量不随时间变化;
- (7) 流场为等温流场,即流场中各点温度相等,各性能参数不随温度变化而改变。

2 确定边界条件

2.1 确定速度边界条件

速度边界条件采用转子旋转、密炼室壁静止的真实条件。根据壁面无滑移假设,在转子的外表面加载速度边界条件。

2.2 确定压力边界条件

由于密炼室是完全密闭的,而且假设胶料完全充满密炼室,这样流场就没有进出口,再加上转子要高速转动,所以,在这样的条件下,从物理模型的角度来讲,会产生一个非常大的压力场,从而导致模型不稳定,因此,必须对大致的压力低的区域进行压力零点设置,以保证模型稳定。设置压力零点也就是约束压力自由度,这样整个压力场有了基准可进行对比,相应的求解模型就会变得稳定起来。

对新型剪切啮合复合型转子流场的有限元模型设定的性能参数和边界条件如表 1 所示。

3 模拟结果及分析

3.1 压力场的模拟结果及分析

新型剪切啮合复合型转子流场的压力分析云图如图 5 所示。从流场的压力分析图中可以看出,大压力出现在转子棱顶区域和转子工作面的楔形区域。由此可见,当胶料从此区域通过时,在较大压力作用下,胶料产生剧烈形变,不仅受剪切作用而且受挤压作用,胶料中包含的炭黑等填料的附聚体发生破碎,保证了分散及混合的顺利进行。在转子的非工作面一侧空间突然变大,所以,当胶料越过棱顶间隙后,压力随之急剧减小,这样,胶料在承受过强烈的剪切、挤压作用后,会得到充分的松弛,易于实现炭黑等填料与橡胶基体的混合,同时,随着转子的转动,为下一次的剪切和挤压作用提供良好的条件支持。

表 1 两转子流场分析中的性能参数及边界条件

性能参数				
密度 ρ /(kg/m^3)	幂律指 数 n	熔体稠度 $\mu_0/(Pa \cdot S^n)$	熔体稠度 $\mu_\infty/(Pa \cdot S^n)$	常数 A
1 066	-0.385	1 000 000	10	100
边界条件				
转子转速/(r/min)	密炼室内表面速度/(m/s)			
70	0			

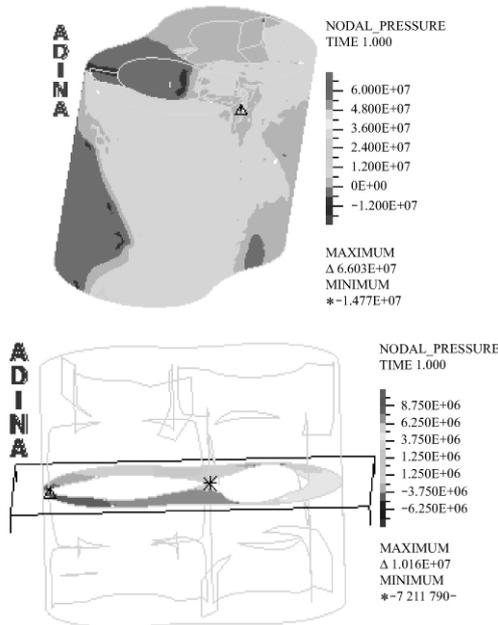


图 5 新型剪切啮合复合型转子的流场压力分析云图

3.2 粘度场的模拟结果及分析

图 6 所示的是新型剪切啮合复合型转子流场的粘度场分析云图。从图中可以看出,在转子棱之间啮合区域和棱顶与密炼室内壁的间隙部位,胶料的粘度较小,这是因为在此区域内存在着较高的剪切速率和压力梯度,使胶料产生剪切变形。在整个粘度场上,粘度最大值就出现在转子的两端面与密炼室的间隙处及各个突棱的端面部位,这是因为在这些区域里会出现胶料流动死角。相对粘度较大区域还包括转子突棱的拖曳面和密炼室中间部位。因此,粘度场和压力场也是相互呼应的。

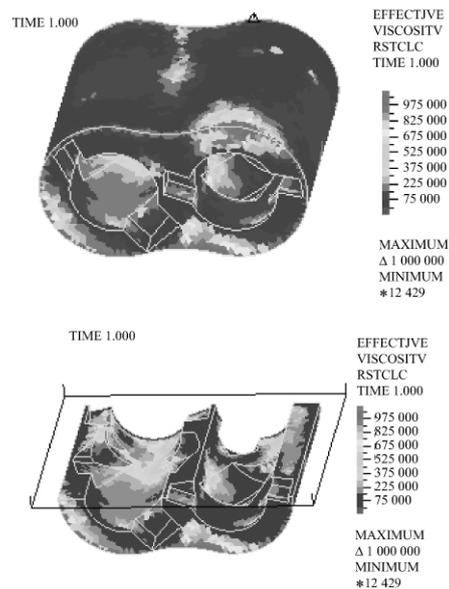


图 6 新型剪切啮合复合型转子的流场粘度分析云图

3.3 剪切应力场的模拟结果及分析

从图 7 所示的新型剪切啮合复合型转子的流场剪切应力分析云图中可以看出,转子的棱顶处与转子的啮合区域的剪切应力较大,其余部分的剪切应力较小。在转子流场的中间部分没有明显的剪切应力存在,这是因为此处间隙较大,因此,剪切应力就较小。由此获悉,剪切应力与间隙大小有关,间隙大,剪切应力就小,间隙小,剪切应力就大。

根据假塑性非牛顿流体的流变特性可知,流体的粘度变化与流体本身的性质有关,随着温度升高,黏度降低。而在温度不变的情况下,黏度与剪切速率和压力梯度有关,即剪切速率和压力梯度越大,黏度就越小。所以,由剪切应力的分析结果也可以简要地分析出转子流场的

黏度大小。在转子棱顶及啮合区域剪切应力较大,胶料产生了剪切应变行为,所以胶料的黏度较小;而在流场的中间区域由于间隙较大,剪切应力较小,因而此区域的胶料黏度较大。

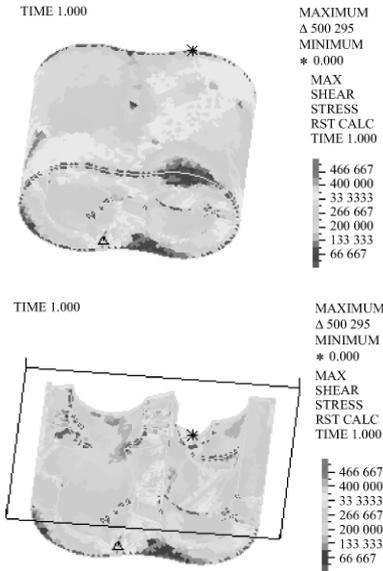


图 7 新型剪切啮合复合型转子的流场剪切应力分析云图

3.4 速度场的模拟结果及分析

由图 8 可以看出,在不同的回转半径处胶料有不同的移动速度。在转子的凸棱顶部和两转子中间啮合区的回转半径较大,因而这些区域内的胶料移动速度值较大;而在密炼室内壁

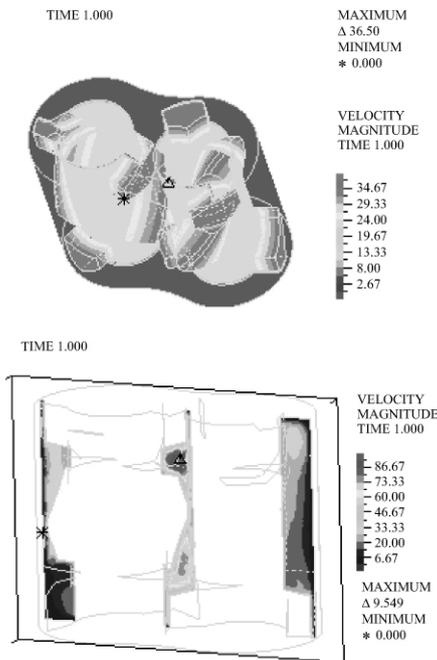


图 8 新型剪切啮合复合型转子的流场速度分析云图

和转子两端面间隙处胶料移动速度为零,这是因为在这些区域存在着运动死角。

3.5 速度矢量图

速度本身是矢量,不仅具有大小,而且具有方向性。图 8 只表示了速度的大小,没有表示速度的方向,为了直观地研究胶料流动的方向性,需要分析转子流场的速度矢量图,图 9 为两转子流场上的速度矢量分布图。

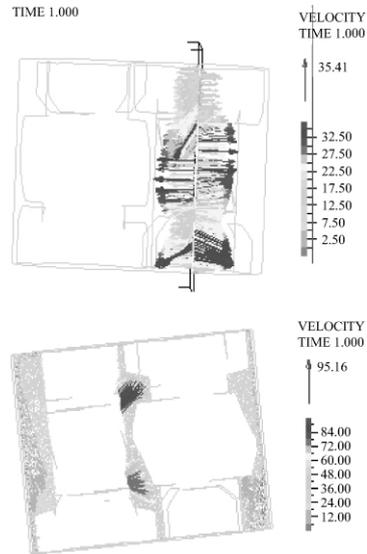


图 9 新型剪切啮合复合型转子的流场速度矢量分布

如图 9 所示,转子流场从上侧向下侧有明显的流动,沿周边成圆周式循环流动,即顺着转子的转动方向流动,因此,转子流场的速度流动性明显较好。

3.6 轴向速度场

轴向速度场分布是指沿 Z 轴方向的速度分量的分布图,为了判断胶料的轴向流动情况,就需要分析一下流场轴向的速度分布情况,

从图 10 可以直观地观察到转子流场的轴向速度分布。左侧和右侧大体相反,这就好像把转子的流场分为两个小循环,左侧一进一出,

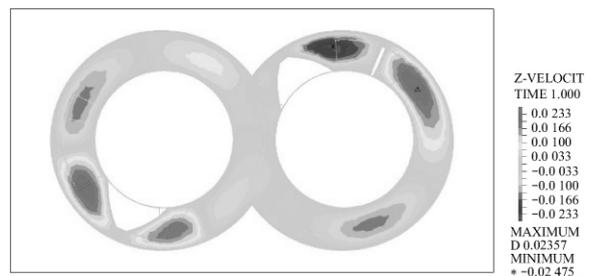


图 10 新型剪切啮合复合型转子的流场截面上的轴向速度分布

右侧一进一出,就此来看,胶料的轴向流动性较好,能往复循环,因而胶料能够均匀混合。

4 结 论

1) 新型剪切啮合复合型转子流场的压力分布具有大片高压区和低压区,剪切应力分布合理,胶料能在混炼过程中得到很好的分散混合与分布混合。

2) 新型剪切啮合复合型转子能够满足胶

料的混炼要求,使炭黑等填料能在橡胶基体中均匀分散,提高了混炼胶的质量。

参考文献:

- [1] 边慧光. 密炼机混炼过程中内部流场和温度场的模拟研究[D]. 青岛科技大学, 2006.
- [2] 边慧光, 杨文超, 汪传生. 密炼机的三维流场模拟[J]. 橡胶工业, 2007, 54(12): 750-753.

[责任编辑:张启跃]

收稿日期:2009-12-03

Flow field analysis of new type shearing-meshing rotor using ADINA

WANG Chuan-sheng, ZHANG De-wei, HOU Mei-lian, BIAN Hui-guang

(College of Mechanical Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao, 266061)

Abstract: The structure of new type shear-meshing rotors is complex, and the mobility status of rubber is complex, too. The flow field of new type shearing-meshing rotor during the mixing process was analyzed by ADINA, getting the result of the pressure, velocity, viscosity field of the mixing area, and the result of ADINA could provide some basis of analyzing the situation of the materials which are mixed.

Keywords: ADINA; shearing-meshing; rotor; flow field



卡博特在天津建设炭黑母料生产装置

卡博特公司于2011年2月10日宣布,已开始天津建设新的炭黑母料生产装置。卡博特公司将投资约2000万美元建设产能约4.5万t/a的母料生产装置,在将来产能也可扩增至8万t/a。该装置建在天津经济开发区,预计于2011年中期投产。

卡博特公司功能产品业务部表示,中国和邻近的亚太地区对母料的需求正在快速增长。天津母料生产装置可将产品供应给这一巨大的市场,从关键的基础设施应用(如管道和线缆),到快速扩张的汽车行业。卡博特公司是领先的炭黑母料制造商,在比利时、意大利、香港和迪拜拥有生产装置。卡博特公司的天津生产装置包括有世界上最大的橡胶和特种炭黑生产装置之一。

(钱伯章)



节 能 减 排 你 我 有 责