

# 胎面双复合挤出机机头流道压力分布 三维有限元分析

夏巍, 贺建芸, 程源

(北京化工大学, 北京 100029)

**摘要:** 采用 ANSYS 有限元分析软件对胎面双复合挤出机头流道内部的压力场进行模拟和分析。通过选取合适的单元形式及恰当的划分网格单元, 建立胎面双复合挤出机头的三维有限元模型, 得到在一定工艺条件下机头内部流道的压力分布情况并分析其原因。

**关键词:** 胎面; 双复合挤出机; 有限元; 流道; 压力场; 挤出机头

**中图分类号:** TQ330.4<sup>+</sup>3    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1000-890X(2002)06-0352-04

近年来, 随着汽车工业飞速发展, 人们对轮胎质量提出了越来越高的要求。目前, 使用不同胶料来制作胎冠和胎面基部等的复合胎面基本取代了以前的整体胎面。以前机外复合方式生产胎面, 其层间贴合时很容易进入空气和水, 形成气、液泡, 影响整体密实性, 降低胎面各层之间的粘合力, 而现在复合胎面的生产一般采用复合挤出新工艺。这种整体成型技术是几种胶料在口型内复合并经定型板一起挤出模外, 不需粘接或贴合, 具有优良的粘合质量, 而且胎面各部件定位准确, 整机机组结构紧凑, 效率高, 成本低。由于以上诸多优点, 20世纪80年代后期我国曾引进双复合、三复合等多条胎面复合生产线, 并在吸收引进技术的基础上自行研制了胎面双复合生产设备。同时, 通过一维或二维有限元计算方法研究胎面双复合挤出机机头内的流场分布情况以及机头内部几何要素对制品成型的影响。随着加工条件和工艺设计的日益更新, 胎面的复合层数越来越多, 复合的形式也日趋复杂, 仅用简化处理的二维有限元计算易产生较大误差, 因此借助先进的技术手段对胎面复合机头内部胶料的流动情况进行更为直观的模拟仿真, 得到机头内部流场的准确参数就显得十分重要。

## 1 原理

双复合胎面的截面如图1所示, 其挤出机头的流道实际可近似认为是两平板机头流道的叠加。对于板型机头的设计, 首先要求在出口横向宽度上熔体流速均匀一致, 其次还要求物料在流经整个机头流道的过程中, 压力降要适当, 停留时间尽可能短, 且无滞料现象发生。为了实现物料在全宽方向上均匀流动, 通常采用增设阻尼块的方法, 阻尼块起分配流道的作用, 而阻尼块的形状和位置是板型机头设计成功与否的关键, 同时还必须将作用于阻尼块的熔体压力降减至最小, 以使机头轴向长度最小, 实现设计最优化。在设计双复合挤出机头的两个流道时, 仅使每个单独流道内胶料的流动均匀仍不能生产出合格的制品, 因为在汇合区, 两种熔体相互紧挨着流动, 有共同的边界层, 只有当两种胶料的流速相互匹配时, 边界层中才不会产生滑移, 两层流体不会发生换位, 才能生产出合格的制品<sup>[1]</sup>。

图2和3分别是胎面双复合机头冠部胶流道及基部胶流道的平面示意。

本研究运用大型有限元计算软件 ANSYS 分析胎面双复合机头内部压力场分布。ANSYS 是由美国 ANSYS 公司开发的一套功能强大的有限



图1 双复合胎面结构示意图

作者简介: 夏巍(1975-), 男, 北京人, 北京化工大学机电工程学院在读硕士研究生, 主要从事高分子材料加工机械的理论研究。

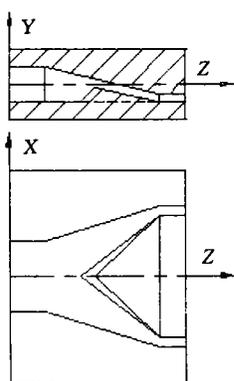


图2 冠部胶料流道平面示意

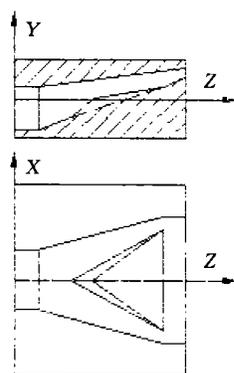


图3 基部胶料流道平面示意

元分析软件,能进行结构分析、热分析、电磁分析、流体分析等,具有极强的优化功能、智能网格划分和非线性分析功能,并能实现多场耦合求解。

## 2 建立模型和计算

### 2.1 建立模型

机头内部的三维几何模型如图4所示,其中A和B分别为进入和出口端面,物料在机头内由A流向B。机头口型厚度为30 mm,宽度为250 mm。熔融物料从挤出机中经A面进入机头内,流经阻尼块,由B面挤出。阻尼块简化为四面体形,它具有阻挡中心物料流速过大、强迫物料在出口宽度方向速度均匀的作用<sup>[2]</sup>。目前选取一种流变规律近似为牛顿流体的高分子材料作为研究对象,假定其为牛顿流体,主要性能参数为:密度 $1.12 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,粘度 $16.57 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

### 2.2 划分单元

为了保证计算的收敛性,选择的单元类型为Fluid 142三维六面体单元,并将整个流道的几何

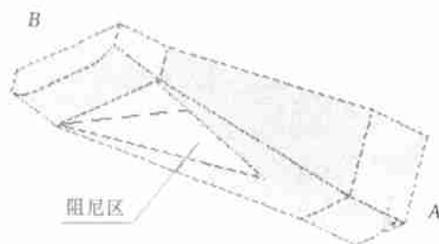


图4 胎冠胶料流道几何模型

模型划分为符合ANSYS单元划分要求的22个小个体,由于阻尼块附近流道形状变化比较剧烈,因此网格划分较密,以保证分析计算的精确性。网格的划分模型如图5所示,其中共有单元22 560个,节点26 316个。

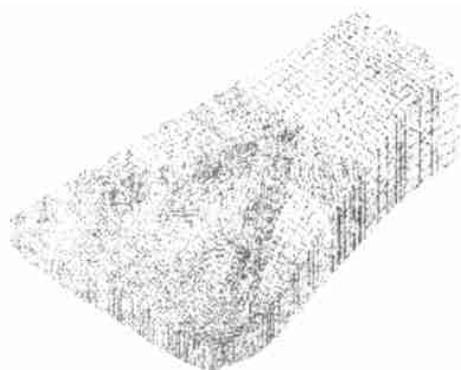


图5 几何模型单元划分

### 2.3 载荷与边界条件的设定

根据壁面无滑移原理,假设所有与机头壁面边界接触的面上的流速为零,即除进口面A和出口面B以外,其余所有各面的速度边界条件设为零(与ANSYS推荐边界值相符)。根据加工条件,假定机头入口压力为12 MPa,出口压力为零,胶料加工温度为 $90 \text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[3]</sup>。

### 2.4 计算结果

由于阻尼块能增大流道中间部位的流动阻力,有利于胶料向两侧分配,故阻尼块的几何尺寸直接影响流道出口截面上物料的流动均匀性。图6示出机头内部压力分布趋势。从图6可以看出,物料的流动为压力流动,在无阻尼块区域,流道中间部位的流体阻力小,流速大,压力分布呈抛物线状。当物料流接近阻尼块区域时,由于流道中间的阻力增大,强迫物料向两侧壁流动,使流道中间物料的流动速度降低,压力减小,从图6可明显看出压力的波动状况。阻尼块区域附近压力变化较快,随着阻尼块高度在流动方向上逐渐减小,

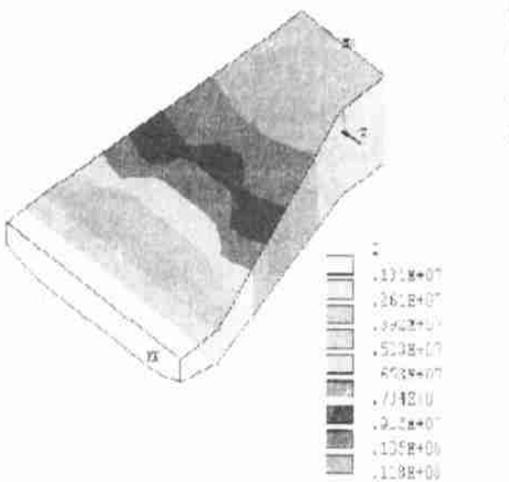


图6 机头流道内部压力分布

压力曲线逐渐平顺, 压力值在沿挤出方向递减的同时逐渐趋于横向均匀, 在口型出口端面最终达到一致。

流道中心剖面的压力分布如图7所示, 压力分布曲线如图8所示。压力分布曲线是根据流道中心剖面上轴心处节点的压力值作出的。从图8可以很清楚地看出沿流动方向的压力变化情况, 并能直观地了解胶料流过阻尼块时压力降产生较大梯度的情况。

为了更清晰地观察流道的压力分布情况, 将

整个机头模型沿挤出方向顺序划分成(a), (b), (c)和(d)4个区域, 各区域的压力分布如图9所示。从图9可以直观地看出各区域压力分布由不均匀到均匀的变化过程。

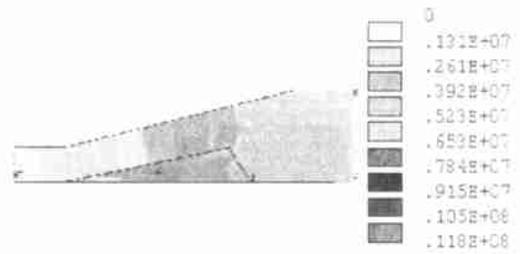


图7 流道中心剖面压力分布

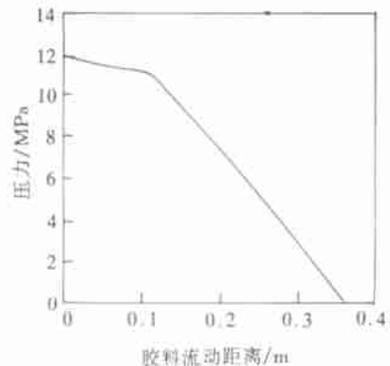
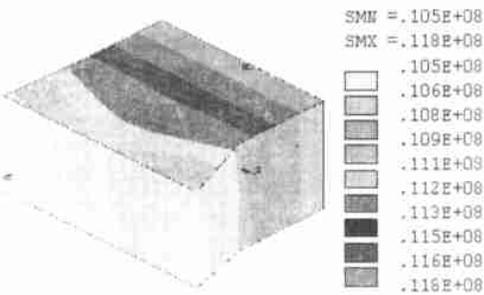
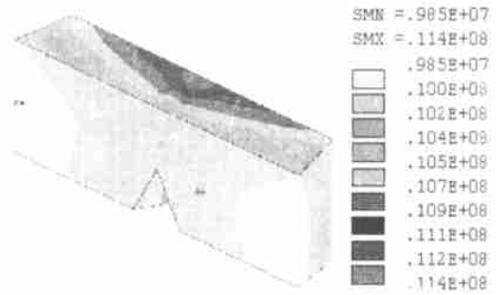


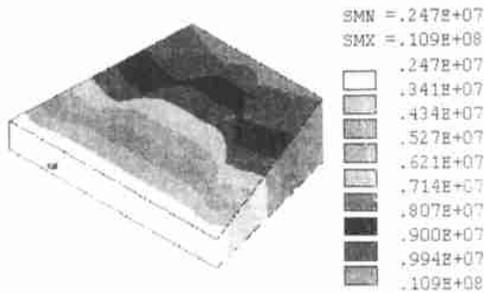
图8 机头流道中心剖面压力分布曲线



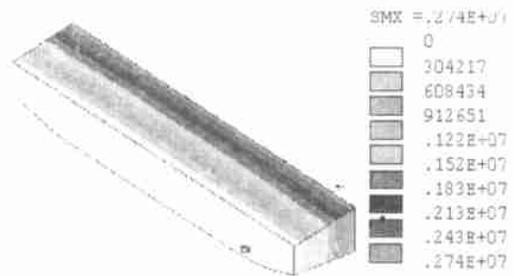
(a)



(b)



(c)



(d)

图9 机头模型流道中心剖面压力分布

### 3 结语

从上述模拟结果可以看出,压力在口型处[图 9(d)]最终达到横向均匀,这样的压力分布为生产高质量的胎面提供了基本保障<sup>[4]</sup>。目前的研究工作仅是一个开端,有必要在此基础上进一步分析流道的速度场,剖析机头内部几何因素和工艺条件对挤出均匀性的影响规律,进而为优化机头设计提供更为充分的理论依据。

## 3D finite element analysis of pressure distribution in head runner of double-plex tread extruder

XIA Wei, HE Jian-yun, CHENG Yuan

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The simulation and analysis of the pressure distribution in head runner of double-plex tread extruder were made with ANSYS FEA software. A 3D FE model of double-plex tread extruder head was established by selecting proper unit form properly dividing network units to obtain and analyze the pressure profile in head runner under a certain working conditions.

**Keywords:** tread; double-plex extruder; finite element; runner; pressure profile; extruder head

### 青岛化工学院同步转子密炼机技术 获国家科技进步奖

中图分类号: TQ330.4<sup>+</sup>3 文献标识码: D

在日前举行的国家科学技术奖励大会上,青岛化工学院“同步转子密炼机技术”获得了国家科技进步二等奖。这是该院连续 5 年内获得的第 8 个国家级大奖,也是“八五”以来获得的第 13 个国家大奖,其中包括 6 项国家技术发明奖和 7 项国家科技进步奖。

同步转子密炼机技术项目属于应用科学技术领域,主要用于橡胶、塑料工业和橡塑共混及其它高分子材料加工业。同步转子密炼机技术属于国内首创,代表国内密炼机领先水平。

同步转子密炼机技术项目突破了密炼机传统的混炼理论,首次建立了经实验证明可行的同步转子密炼机的理论数学模型和工程数学模型以及同步转子密炼机系统的混炼理论;编写了同步转

### 参考文献:

- [1] 米歇利 W. 挤塑模头设计及工程计算[M]. 黄振华译. 北京: 轻工业出版社, 1989.
- [2] 申长雨. 橡塑模具优化设计技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1997.
- [3] 金日光. 高聚物流变学及其在加工中的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1986.
- [4] 解 挺. 共挤出的影响因素[J]. 塑料科技, 1996(5): 30.

收稿日期: 2002-12-18

子密炼机的核心部件的参数设计、三维造型、优化设计和模糊操作控制等软件,形成了一套完整的同步转子密炼机的技术体系;成功地研制出了经实践证明符合国情的新型高效的各型号和规格的同步转子及同步转子密炼机;首次提出了同步转子密炼机两转子之间的相位关系的概念及其重要性,得出了同步转子密炼机的相位关系与配方及各种工艺条件之间的关系特性,实现了优化混炼。

同步转子密炼机技术对我国橡胶工业特别是轮胎行业、橡胶机械行业的发展,尤其是国产大中型密炼机的快速发展,为替代进口产品、促进民族工业的快速发展和科学技术进步有着广泛而深远的意义;同时,对橡胶机械行业的产品结构调整、优化升级和实现本行业技术的跨越也有着重要的促进作用。

(摘自《中国化工报》,2002-03-14)