

共流型转子的有限元分析

汪传生, 吴 浩

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要:通过建立共流型转子的物理模型、数学模型和有限元模型,并运用 POLYFLOW 有限元分析软件对共流型转子的混炼过程进行了模拟。通过对混炼过程的速度场和粘度场的求解计算,证明共流型转子具有较好的分散和分布混合功能。

关键词:密炼机;共流型转子;POLYFLOW;速度场;粘度场

中图分类号:TQ330.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2015)07-0428-04

共流型转子具有特殊的结构,结合了传统剪切型转子和啮合型转子的优点。胶料在密炼室内部的流动十分复杂,因此混炼区域内的胶料具有独特的流动机理。本工作采用 POLYFLOW 有限元分析软件对共流型转子的混炼区域进行流场模拟。在有限元分析过程中,使用非牛顿流体有限元模型对流场进行求解,通过对速度场和粘度场的求解说明共流型转子的混炼效果。

1 共流型转子模型的建立

在传统同步剪切型转子和啮合型转子的基础上,结合它们的优点选择了共流型转子。共流型转子的物理模型、数学模型与传统剪切型和啮合型转子有一定的相似性。

1.1 物理模型的建立

本次设计的串联式密炼机容积为 1 L,在满足密炼体积要求、刚度、强度、转子长径比等条件下,新型转子的最大外径为 108 mm,基圆直径为 80 mm,转子中心距为 95 mm,工作部分长度为 145 mm,流场内径(即转子基圆直径)为 80 mm,流场外径(即密炼室内径)为 110 mm,转子棱峰与密炼室的间隙为 1 mm。串联式密炼机没有压砣,体积比上工位密炼机大 1 倍,本次试验选用的填充因数为 0.3,因此胶料的体积为 0.3 L。转子 Pro/E 三维组合构型如图 1 所示,密炼室中转子

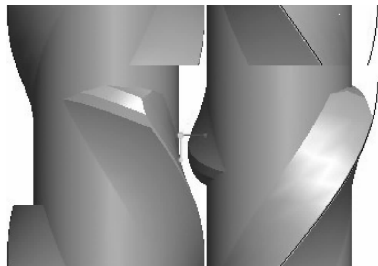


图 1 转子 Pro/E 三维组合构型

和胶料结构如图 2 所示。

1.2 数学模型的建立

橡胶在密炼机混炼过程中,如果剪切速率较高,胶料呈现假塑性流体特性;如果剪切速率较低,则呈现出牛顿流体性质。为了描述以上两种流体特性,选用 Carreau 模型^[1]

$$\eta(\dot{\gamma}) = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty}) [1 + (\lambda \dot{\gamma})^2]^{\frac{n-1}{2}}$$

式中, η_{∞} 为无穷剪切粘度; η_0 为初始粘度(即零剪切速率时的粘度); λ 为粘弹性的特征时间; n 为幂律指数。

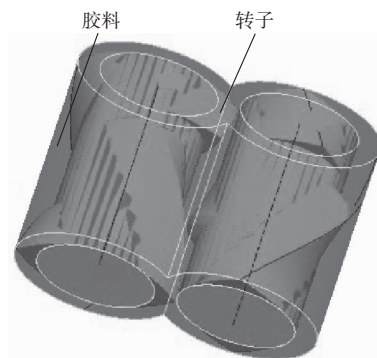


图 2 转子和胶料结构

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51345006)

作者简介:汪传生(1960—),男,青岛科技大学教授,主要从事高分子材料加工机械的教学和科研工作。

在 150 ℃下,测得混炼胶的无穷剪切粘度、初始粘度、粘弹性的特征时间、密度和幂律指数分别为 10 Pa·s, 1×10^6 Pa·s, 10 s, $1.066\text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 0.23。由 $n=0.23$ 可以得知本工作假设胶料的流体为塑性流体^[2]。

与传统密炼机混炼不同,串联式密炼机炼胶是一个恒温过程。

1.3 有限元模型的建立

有限元模型的建立选用直角坐标系,共流型转子在 POLYFLOW 软件下的网格划分如图 3 所示。

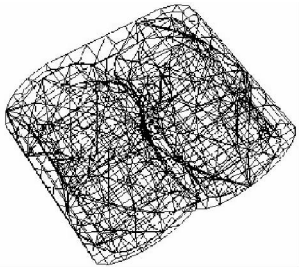


图 3 共流型转子在 POLYFLOW 软件下的网格划分

2 模型假设及边界条件的确定

转子的结构复杂,表面形状不规则,胶料在转子上的实际流动形态很难确定。如果按照胶料流动的实际轨迹,模拟过程比较复杂。为了简化模拟,做以下基本假设:①物料完全充满整个流道;②流体稳定流动;③流体等温流动;④流体层流流

动(即雷诺数较小);⑤流体的体积、重力、惯性均较小,并且远小于粘滞力,因此忽略不计;⑥由于物料为橡胶,因此假定熔体是不可压缩流体^[3];⑦流体壁面无滑移现象;⑧流体为非牛顿流体,其本构粘度方程为 Bird-Carreau 模型。

本工作分析密炼机炼胶过程的真实情况,即转子运动、密炼室静止,并假设转子表面和密炼室表面均无滑移现象,胶料的旋转速度与转子表面的线速度相同且随着转子速度的变化而变化。两转子以 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的转速由外向内相向旋转。

3 模拟结果的分析

3.1 速度场分布

0.6 s 时,胶料的速度分布如图 4 所示,此时转子不同截面的速度分布如图 5 所示。

由图 4 可知,胶料中间处速度较大,两侧相对较小,转子棱峰附近和两转子啮合处的速度较大。

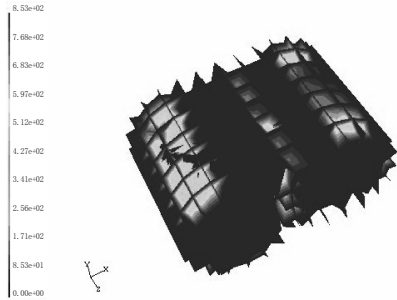


图 4 0.6 s 时胶料的速度分布

Z 轴位置:1—70;2—35;3—0;4—35;5—70;6—等轴侧图。

图 5 0.6 s 时转子不同截面的速度分布

由图 5 可知, $Z=70$ 和 -70 以及 $Z=35$ 和 -35 处截面上的速度分布关于 $Z=0$ 对称, 速度的较大值和较小值的分布与图 4 相似, 转子棱峰附近和两转子啮合处的速度相对较大, 其他位置相对较小。这是由于转子旋转带动棱峰处和两转子啮合处的胶料快速流动, 其他位置的胶料不能由转子棱峰直接推动或者仅靠胶料的粘滞力流动, 因此胶料速度相对较小。

3.2 粘度场分布

转子不同时刻的粘度场分布如图 6 所示。从图 6 可以看出, 随着时间的推移, 胶料的整体粘度不仅有变小趋势而且越来越均匀, 特别是 0.6 s 时胶料的粘度与 0.1 s 时相比有明显减小。由于混炼初期胶料的混合不均匀, 导致前 0.4 s 每个时刻胶料都有几个粘度较大的区域, 但是随着混炼时间的延长, 胶料的粘度越来越小且比较均匀。

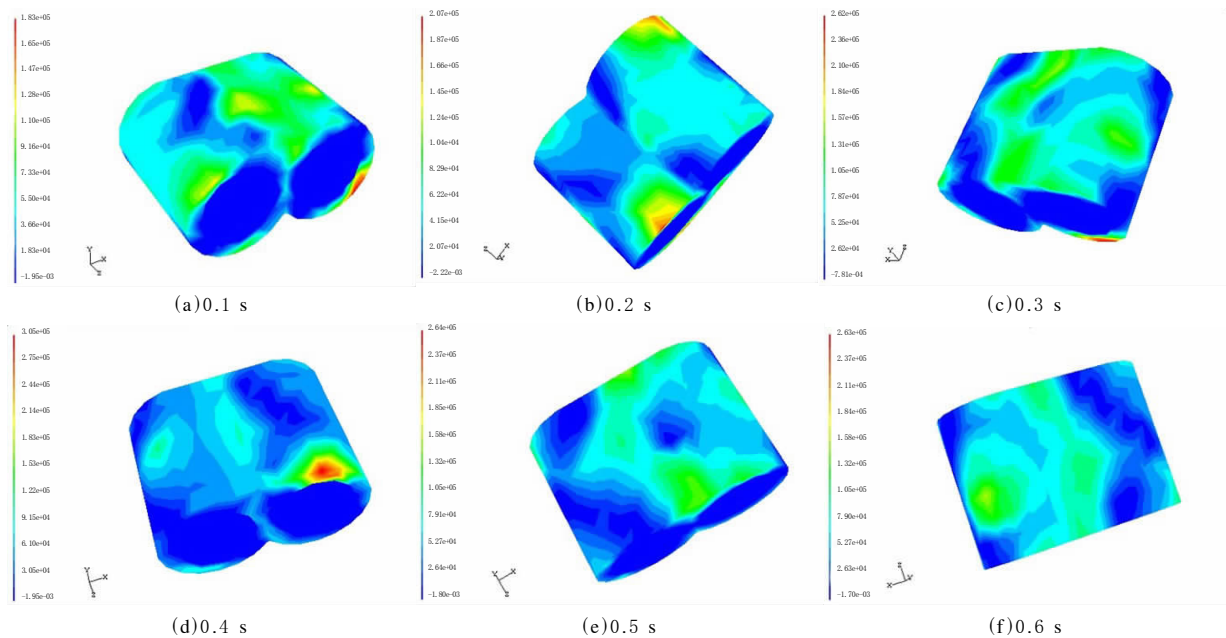


图 6 转子不同时刻的粘度场分布

4 结语

本研究使用 POLYFLOW 软件对共流型转子的混炼过程进行模拟分析, 并且建立了共流型转子的物理模型、数学模型和有限元模型, 确定了模型假设及边界条件。模拟结果显示, 共流型转子速度流畅具有高速区和低速区, 粘度场分布均匀, 胶料能够得到很好的分散与混合。

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: 青岛科技大学, 2006.
- [2] 侯垣圻. 橡胶双螺杆塑炼机连续塑炼机理及有限元模拟研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2009.
- [3] 马雨. 八棱同步转子密炼机流场的动态模拟[J]. 橡塑技术与装备, 2012, 38(12): 6-9.

收稿日期: 2015-01-25

Finite Element Analysis on Total Flow Type Rotor for Mixer

WANG Chuan-sheng, WU Hao

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: Based on physical model, mathematical model and finite element model of total flow type mixer rotor, the mixing process was simulated by finite element analysis software POLYFLOW. The

simulation results on velocity and viscosity fields during mixing process demonstrated that the total flow type rotor provided good mixing results.

Key words: mixer; total flow rotor; POLYFLOW; velocity field; viscosity field

第 1 期轮胎力学高级培训班在 威海圆满结束

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

2015 年 5 月 16—23 日, 由中国化工学会橡胶专业委员会、全国橡胶工业信息中心、哈尔滨工业大学 418 工作室联合主办, 《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》编辑部承办的“第 1 期轮胎力学高级培训班”在威海举办, 来自轮胎企业、大专院校的 53 名学员参加了本期培训。

轮胎力学培训以理论与实践相结合的方式, 授课的同时进行现场答疑, 气氛热烈, 效果良好。

为更好地应用有限元分析软件进行轮胎力学分析, 培训班重温了力学理论知识。哈尔滨工业大学的闫相桥、张明福教授与吴健、栗本龙和崔志博博士分别讲授了“连续介质力学及有限单元法初步”“聚合物的弹性和粘弹性”“CATIA 轮胎花纹三维建模技术”“橡胶试验方法和弹性本构”“子午线轮胎轮廓设计理论及结构优化方法”等课程。哈尔滨工业大学 418 工作室团队进行了 TYA-BAS 软件的实践教学, 软件培训师为每位学员安装软件并分组辅导, 在有限的培训时间内帮助学员尽快熟悉软件并能进行应用, 感受其在轮胎结构设计精度、性能分析及产品开发效率等方面的优势。哈尔滨工业大学王友善教授详细讲授了“轮胎分析与制造技术”, 并针对轮胎设计过程中易出现、亟需注意的问题进行现场分析, 指明解决问题的方向与思路。

清华大学危银涛教授从车辆动力学角度讲述了车辆对轮胎性能的要求, 特别是轮胎设计中的噪声测试及分析方法, 并针对轮胎的整车配套问题进行了力学分析。轮胎设计知名专家许叔亮先生以轮胎结构设计人员——轮胎设计师为中心, 从轮胎设计角度出发, 分析设计人员如何针对主机厂对原配轮胎提出的一系列要求寻求解决方案, 开发配套轮胎的相关人员如何互动、协调、配合, 开发出符合主机厂要求的轮

胎产品, 从而实现配套。国家橡胶轮胎质量监督检验中心主任马良清先生分享了最新的全钢载重子午线轮胎剖析结果, 从中发现当前市场上世界著名轮胎公司轮胎结构的微细变化及其所带来的性能变化, 为学员们在工作中进行轮胎设计提供了借鉴。

培训班为每位学员颁发了结业证书。从学员反馈信息来看, 本次活动达到了办学初衷, 学员们均收获颇丰。未来主办方将根据学员的需求丰富、完善设置课程内容, 为更好地提升轮胎开发和设计人员的技术水平提供帮助, 同时为第二期培训班的举行打下基础。

轮胎力学培训班立足轮胎行业、追求质量、小班教学, 旨在转变结构设计观念, 快速提高轮胎企业设计水平与精度, 突出原创技术, 缩小与国际知名轮胎公司在设计技术水平方面的差距, 从而在配套与替换市场上取得主动权, 为中国轮胎行业转型升级服务。首届培训班学员来自 23 家轮胎企业, 并得到三角轮胎股份有限公司的大力支持。期待未来有更多的轮胎公司积极参与并支持此活动, 使其成为连续性的年度重要活动。

(本刊编辑部 田军涛 冯 涛)

一种 PVC 护套橡皮

中图分类号: TQ336.4⁺2 文献标志码: D

由远东电缆有限公司、江苏新远东电缆有限公司和远东复合技术有限公司申请的专利(公开号 CN 103571075A, 公开日期 2014-02-12)“一种 PVC 护套橡皮”, 涉及的聚氯乙烯(PVC)护套橡皮配方为: PVC 树脂 50~70, 改性橡胶 30~50, 稳定剂 5~10, 吸酸剂 3~3.5, 增塑剂 40~60, 填充剂 50~100, 润滑剂 1.2~2, 加工助剂 0.5~1, 高色素炭黑 1~1.5, 复合硫化剂 10~12。该发明采用橡胶来改性 PVC 树脂, 再用热空气硫化方式把热塑性塑料硫化成热固性橡胶, 使 PVC 电缆护套的柔软性能和耐温等级提高。

(本刊编辑部 赵 敏)