

轴/径向同时运动轮胎成型机成型鼓的设计与分析

李利, 霍石磊*, 罗高翔

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要:对传统的轮胎成型机成型鼓进行改进,设计能够实现轴/径向同时运动的轮胎成型机成型鼓。采用SolidWorks软件设计的轴/径向同时运动的轮胎成型机成型鼓由动力输入机构、内瓦驱动机构和外瓦驱动机构组成,对虚拟样机进行实体装配和运动仿真,通过Ansys有限元分析对成型鼓驱动单元机构进行强度校核,验证了该设计的合理性和可行性。

关键词:成型机;成型鼓;轴/径向运动;有限元分析

中图分类号:TQ330.4⁺6

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2019)09-0704-04

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2019.09.0704

随着交通运输业的不断发展,轮胎已成为不可或缺的产品。据统计,轮胎的橡胶消耗量可以达到橡胶总消耗量的50%以上^[1-3],轮胎是橡胶工业中名副其实的代表产品,是一个国家发展必不可少的战略资源。与普通橡胶制品的生产工艺不同,成型是轮胎生产的重要工序^[4-5]。

随着生态文明建设的推进,生产成本低、耗能大、能量利用率低等问题已严重制约了轮胎企业的发展,越来越多的轮胎企业因高生产成本而被社会淘汰^[2-3,6]。改进传统的轮胎生产工艺和设备,提高能量利用效率,实现节能生产是轮胎行业的奋斗目标^[7-12]。

本研究从轮胎成型机入手,对传统的轮胎成型鼓进行改进,设计一种能够实现轴/径向同时运动的轮胎成型机成型鼓。

1 成型鼓结构设计

1.1 设计原则

轴/径向同时运动的轮胎成型机成型鼓设计原则为:

(1)实现预期功能;(2)满足强度要求;(3)匹

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2016EEM45)

作者简介:李利(1972—),女,安徽寿县人,青岛科技大学教授,博士,主要从事高分子材料加工机械的教学和科研工作。

*通信联系人(1753848898@qq.com)

配加工工艺;(4)良好装配。

1.2 结构设计

本研究采用SolidWorks软件进行三维设计,成型鼓基本尺寸为:外圆半径 340 mm,内圆半径 250 mm,瓦(板)厚度 35 mm,瓦数 12,折叠内瓦间距 80 mm。

成型鼓构件基本尺寸中,外瓦驱动机构尺寸参数(见图1): a 120 mm, b 84 mm, c 58 mm, w 20 mm, m (收缩态时) 55 mm。

内瓦驱动机构尺寸参数(见图2): $A_1B_1=A_2B_2=L$, $A_1A_2=L_a$, $A_1C_1=A_2C_2=L_b$, $C_1P_2'=C_2P_1'=L_c$, $B_1E_1=e$ 。其中, L 取240 mm, L_a 取265 mm, L_b 取200 mm, L_c 取377 mm, e 取100 mm。

本研究轴/径向同时运动的轮胎成型机成型鼓结构可分为三大部分:动力输入机构、内瓦驱动机构和外瓦驱动机构。

1.2.1 动力输入机构

动力输入机构由丝杠、丝杠螺母、驱动滑块、中空主轴以及轴承座等部分组成。动力输入机构中的丝杠上需要加工相对于中间平面对称、左右螺距相同、旋向相反的螺纹;为将丝杠的旋转运动转化为驱动滑块的直线运动,需要增加左右丝杠螺母与丝杠构成螺旋传动,传动过程有两螺母的运动相对于丝杠中间平面对称的特点;丝杠

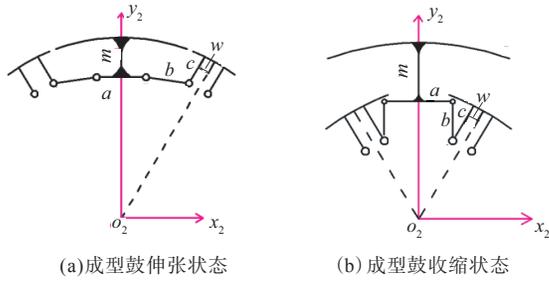


图1 外瓦驱动机构极限位置

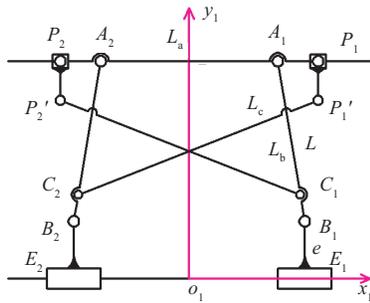


图2 内瓦驱动机构

螺母通过紧定螺钉与驱动滑块连为一体,将运动进行传递。驱动滑块设计为圆环形,其上含有6个铰接座。为防止丝杠暴露在外,影响传动精度,需在丝杠外侧包围一个中空主轴,中空主轴两端需要添加轴承座进行支撑,并且在中空主轴上设置滑槽,保证运动的实现。

1.2.2 内瓦驱动机构

内瓦驱动机构是成型鼓轴/径向同时运动的主动驱动机构,由主连杆、副连杆、内瓦输出杆及内瓦肩组成,各部分彼此制约,共同完成成型鼓的动作过程。内瓦输出杆的内瓦径向平动靠两根等长主连杆与驱动滑块铰接实现;输出杆上的两内瓦肩通过移动副连杆可以实现在其上进行轴向运动。受成型鼓自身的设计要求限制,两内瓦肩必须呈现对称运动状态,这由副连杆和主连杆保证。

1.2.3 外瓦驱动机构

外瓦驱动机构是实现成型鼓轴/径向同时运动的从动驱动机构,由外瓦连杆、外瓦输出杆及外瓦肩组成。外瓦肩通过两根等长外瓦连杆与内瓦肩铰接以限定两外瓦肩的位置以及保证两外瓦肩的对称运动;两外瓦肩还要在外瓦连杆上进行轴

向运动,需要添加移动副连杆以与外瓦输出杆相配合。

需要注意,外瓦和内瓦都是有厚度的单元,在成型鼓动作过程中极易发生干涉,因而需要在外瓦及外瓦肩甚至内瓦及内瓦肩的边缘设计具有一定倾斜角度的斜面,从而既能保证运动不发生干涉,又能保证面与面紧密配合。

1.3 虚拟样机的实体装配与运动仿真

1.3.1 实体装配

根据上述设计思路,先分别完成动力输入机构、内瓦驱动机构和外瓦驱动机构三部分的装配,然后将三者总装得到一个成型鼓驱动单元,见图3;取6个成型鼓驱动单元进行装配,得到一个完整的成型鼓,见图4。

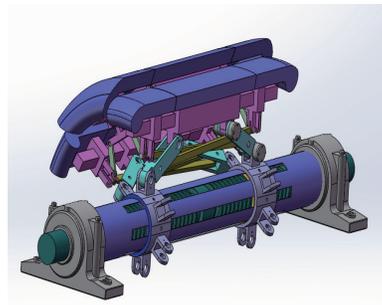


图3 驱动单元装配体

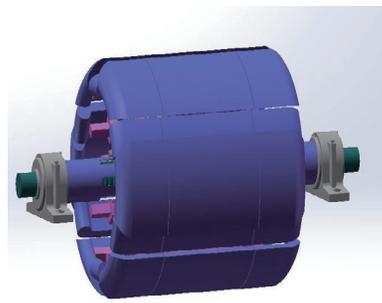


图4 轮胎成型鼓装配体

1.3.2 运动仿真

完成成型鼓装配后,直接利用SolidWorks软件中的运动模块对成型鼓进行运动仿真,制作各部分动作过程的动画。

(1)首先设定所打开的成型鼓装配体文件参数的单位为mm,g,s;其次进行仿真分析,激活运动算例模块,保证装配体是在运动分析单元状态下进行工作的。

(2)为成型鼓增加一个动力元件,即在界面中生成一个旋转发动机,并将动力源设定在丝杠上;根据工作环境对装配体施加一定的引力和外部作用力。添加引力和外部作用力时要保证力方向的正确性。点击计算按钮,可得运动仿真,根据所需调整结束时间,可得成型鼓动作模拟动画。

(3)对成型鼓进行运动仿真后,可通过图解显示电动机力矩和内瓦输出杆中心线性位移的变化过程(见图5和6)。

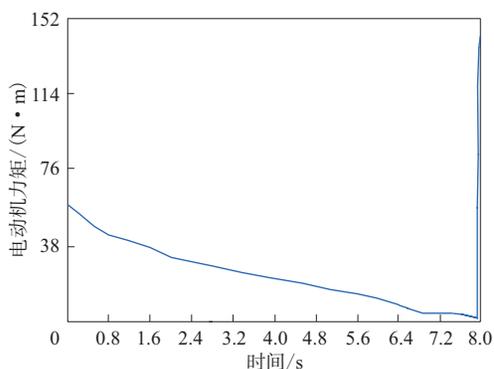


图5 电动机力矩的变化过程

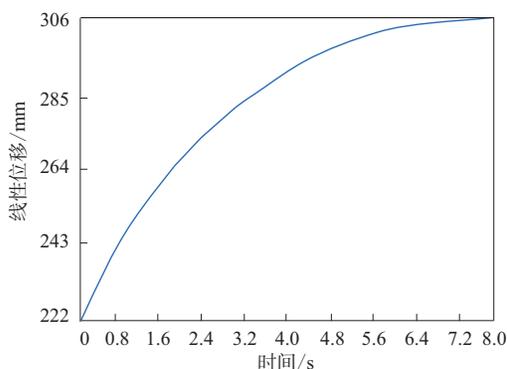


图6 内瓦输出杆中心线性位移的变化过程

2 有限元分析

2.1 建立有限元模型

将SolidWorks软件中的实体模型装配体导入Ansys有限元软件中,从而完成分析单元的模型建立。

2.2 对实体模型进行网格划分

模型建立后,需要对模型进行网格划分,一般涉及到以下4个方面:

(1)选择单元属性(单元类型、实常数、材料属性);(2)定义网格尺寸控制(控制网格密度);

(3)网格划分前保存数据库;(4)执行网格划分。

2.3 施加载荷

对分析单元施加载荷时必须注意将机构在静力状态下所承受的载荷和自由度约束考虑全面,正确添加。

2.4 求解

成型鼓极限状态即最大伸张状态和最小收缩状态的静力学分析结果分别如图7和8所示。

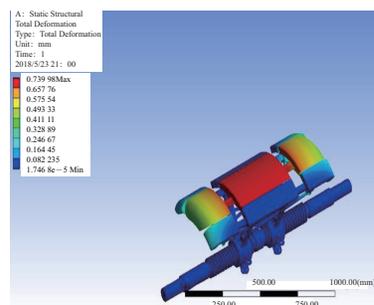


图7 最大伸张状态整体变形

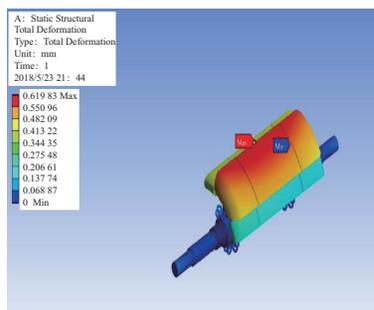


图8 最小收缩状态整体变形

从图7可以看出,成型鼓在最大伸张极限位置工作时,组成构件的最大位移近似0.74 mm,该值极小,因而可认为结构设计基本满足要求。由分析结果可知,承受较大作用力的内瓦驱动机构中的主连杆、副连杆以及动力输入机构的丝杠、丝杠螺母也能满足强度要求,实现成型鼓的动作过程。

从图8可以看出,最小收缩状态下内外瓦驱动单元在轮胎施加给成型鼓的力作用下所产生的变形比成型鼓伸张到最大半径时受力所产生的变形要小。因而在后期进行轮胎成型鼓的结构、尺寸优化时,构件设计强度可只需达到成型鼓伸张到最大半径的要求。

3 结论

本研究通过SolidWorks软件对轮胎成型机成

型鼓结构进行三维设计及运动仿真,并借助有限元分析软件Ansys对成型鼓驱动单元机构的强度进行校核,即通过成型鼓在两极限状态下的受载变形情况分析,直观了解成型鼓的强度,为后期成型鼓的机构改进打下了基础。

在本设计分析的基础上还可以通过增加电磁加热,使成型鼓为轮胎预热,甚至作为预硫化鼓,从而提高轮胎硫化效率,减少能耗,这是后续电磁加热研究的一种新思路。

参考文献:

- [1] 隆有明.二十一世纪世界轮胎发展趋势[J].橡胶科技市场,2005,3(23):1-4.
- [2] 马良清,王琰,孙宁,等.我国汽车轮胎行业现状及发展[J].轮胎工业,2009,29(12):707-715.
- [3] 谭玉坤.我国轮胎工业近年发展回顾及前景[J].轮胎工业,2011,31(2):67-70.
- [4] 林礼贵.生产工艺[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [5] 俞淇.子午线轮胎结构设计与制造技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [6] 唐万和.轮胎硫化车间能耗优化调度问题研究[D].广东:广东工业大学,2014.
- [7] 谭剑,杭柏林.轮胎成型机机械和半成品部件定位精度对轮胎均匀性的影响[J].橡胶工业,2018,65(9):1061-1065.
- [8] 张金云,邓世涛,王伯刚,等.高性能轮胎全电磁感应加热直压硫化技术[J].中国橡胶,2017,33(22):39-43.
- [9] 马晓.轮胎成型机压辊机构、接头压合装置及轮胎成型机[J].轮胎工业,2018,38(6):367.
- [10] 朱茂桃,魏新龙,王国林,等.宽基轮胎成型中胎体帘线弯曲问题的分析与改进[J].橡胶工业,2016,63(9):551-555.
- [11] 周伟.子午线轮胎成型过程仿真及工艺参数改进方法研究[D].镇江:江苏大学,2016.
- [12] 杨世凤,刘帆,樊祺.轮胎成型机实时监控系统的研究[J].橡胶工业,2014,61(1):40-44.

收稿日期:2019-03-24

Design and Analysis of Building Drum of Tire Building Machine with Simultaneous Rotation and Axial Movement

LI Li, HUO Shilei, LUO Gaoxiang

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

Abstract: In this study, a new tire building drum with simultaneous rotation and axial movement was designed based on improvement of the conventional building drum of tire building machine. The drum structure was designed by using SolidWorks and composed of power input mechanism, inner-shell drive mechanism and outer-shell drive mechanism. The virtual prototype was assembled and simulated. The strength of building drum driving unit was verified by Ansys finite element analysis, which confirmed the rationality and feasibility of the design.

Key words: building machine; building drum; axial/radial motion; finite element analysis

一种橡胶流水线冲切装置 由利辛县宝隆橡塑密封件有限责任公司申请的专利(公开号CN 107584562A,公开日期 2018-01-16)“一种橡胶流水线冲切装置”,涉及的橡胶流水线冲切装置包括机架、原料轴、废料收集轴、冲切装置、清洗装置、冷却装置和支撑收料装置。机架的两端分别设有原料轴和废料收集轴,原料轴与收集轴的轴心平行;在原料轴和收集轴的轴心位置连接有

驱动装置,驱动装置固定在机架上;在原料轴和收集轴之间的机架上方设有冲切装置;冲切装置下方设有冷却装置,在冲切装置对应位置的机架上设有支撑收料装置,在机架侧壁装有用于清洗冲切装置的清洗装置。该发明通过冷冻切割实现了精准切割,并可以及时清理切割刀具上的橡胶颗粒,提高了切割精度,具有结构简单、切割精度高的优点。

(本刊编辑部 赵 敏)