

模具可移动式硫化机组结构与仿真分析

段振亚^{1,2}, 焦玉坤¹, 刘佐兰^{1,2}, 杭柏林^{1,2}

(1. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061; 2. 软控股份有限公司, 山东 青岛 266042)

摘要:设计一种新型的模具可移动式硫化机组,采用 Flexsim 软件建立其仿真模型,对整体方案的可行性以及生产运行情况进行探讨。在此基础上建立单体定型硫化机的仿真模型,并在与模具可移动式硫化机组相同的条件下,针对 8.25R20 S711 全钢子午线轮胎的硫化过程进行模拟仿真,从生产效率、设备成本等方面进行了综合比较。结果表明:模具可移动式硫化机组用于全钢载重子午线轮胎的硫化完全可行;同单体硫化机机群相比,相同条件下的硫化机组可以大幅度节约占地面积、人工及设备成本,提高生产自动化水平。

关键词:子午线轮胎;模具可移动式硫化机组;结构设计;仿真模拟

中图分类号:TQ330.4⁺7 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2014)08-0488-05

硫化是轮胎制造工艺的最后一道工序,决定着轮胎的产品外观质量、均匀性以及企业的生产效率,因此轮胎硫化设备常被视为轮胎生产现代化水平的象征和标志^[1]。优化硫化工艺,改进或研发新型高效的硫化设备一直是轮胎生产企业关注的热点。

本工作设计一种新型的模具可移动式硫化机组,采用 Flexsim 软件建立其仿真模型,以考察整体方案的可行性;建立单体定型硫化机的仿真模型,在与模具可移动式硫化机组相同的运行条件下,对其生产运行进行模拟仿真,从生产效率、设备成本等方面进行综合比较,以期为新型模具可移动式硫化机组的研发及未来的工业应用提供理论依据和技术支持。

1 国内外硫化机组概况

轮胎硫化设备有定型硫化机、水压硫化罐和硫化机组 3 种形式,其中硫化罐已逐步被硫化机所替代。轮胎定型硫化机经过近 80 年的发展,已经相继开发出机械式、液压式和电动螺旋式 3 种类型,无论工艺还是控制技术均已逐渐完善,占据

着绝对主导地位,目前国内外轮胎生产企业几乎全部采用轮胎定型硫化机^[2-5]。

轮胎定型硫化机组又称多模具轮胎硫化系统,是在定型硫化机基础上发展起来的,具有定型硫化机的全部功能,在结构上有所改进。一个硫化机组具有多个硫化工位、一套或者两套公用开合模和装卸机构,每个硫化工位各带有一套中心机构、胎模和锁合模机构,从而达到在相同生产能力的情况下,充分利用公用机构,显著减少机组的钢材用量、机电配套产品、机械加工及装配工作量、占地面积的目的。正因如此,当前苏联于 20 世纪 70 年代宣布公用机构可移动式硫化机组研发成功并投入工业化生产时,很快就引起了广泛的关注。

公用结构可移动式硫化机组由可移动的公用机构、导轨和多个固定的硫化工位组成。当某工位硫化结束后,公用机构转移至其特定位置,进行开模、卸胎、装胎、合模等操作。该结构较单体硫化机有明显优势,但也存在着公用机构相对笨重、对导轨刚度要求高等不足。此外,公用机构可移动式硫化机组的研发还受到了当时的设备加工精度、仪表控制、工艺条件等限制,不但没有推广成功,还出现了先建后拆的现象。尽管近年来随着计算机技术、设备加工及总体控制技术的发展,一些硫化机生产企业开始对公用机构可移动式硫化机进行了优化研究,提高了硫化机组运行的可靠

基金项目:山东省博士后创新项目专项资金资助项目 (201003002)

作者简介:段振亚(1974—),男,河南舞阳人,青岛科技大学副教授、软控股份有限公司博士后工作站博士后,主要从事橡胶加工设备的研发工作。

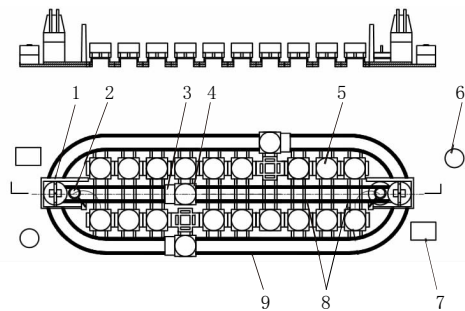
性,但其固有的缺陷,例如只能硫化同一规格的轮胎、生产连续性不能保证等问题依然无法解决,因此不能被轮胎生产企业接受^[6-7]。

模具可移动式硫化机组突破了传统限制,由可移动模具、模具输送轨道和固定的公用机构组成。其最大的特点是采用具有独特结构的可移动式硫化模,一个硫化工位硫化结束后,可移动模具则脱离固定的硫化工位,经由输送轨道运送到固定的公用结构处进行开合模及装卸胎工作,装胎完毕的可移动模具再由输送轨道返回到硫化工位进行硫化。相比公用结构可移动式硫化机组,模具可移动式硫化机组的装卸胎操作都在固定的公用结构处完成,可与轮胎硫化的前后工序衔接,能够保证较好的操作连续性;通过使用不同型号的硫化模具,可以对不同规格的轮胎同时进行硫化。魏爱龙^[8]于2004年发明了一种采用吊车组将可移动式模具在硫化工位与公用机构间移动的轮胎箱式硫化机组。日本三菱重工一直从事模具可移动式硫化机组的开发工作,并称已经研发出模具可移动式硫化机组^[9]。但是迄今为止,尚未见到模具可移动式硫化机组在工业中使用的报道。

尽管目前硫化机组还没有得到轮胎生产企业的认可,但随着轮胎硫化工艺的创新、整体科技水平的提高、土地资源 and 能源进一步趋于紧张以及劳动力等因素的影响,在不久的将来,整个轮胎生产将成为一个自动化水平很高的有机整体^[10]。轮胎硫化机组在提高轮胎生产企业的整体自动化水平、节省能源、提高生产效率和减小占地面积方面具有特殊的优势,可与轮胎生产中硫化前的成型工序以及硫化后的轮胎检测工序连贯衔接起来,进而提高整个轮胎生产工序的自动化水平,符合未来的企业发展趋势。

2 模具可移动式硫化机组的整体结构设计

本设计的新型模具可移动式硫化机组结构如图1所示,主要由固定的公用机构、硫化工位、可移动模具、模具驱动小车以及输送轨道等部件构成。该机构可在模具输送轨道两侧设置多个独立的硫化工位,具体数量视待硫化轮胎的规格和控制方法而定。本设计设置20个独立的硫化工位,每列10个,分2列排列在硫化模具输送轨道的两



1—公用机构;2—模具搬运工具;3—模具驱动小车;
4—模具及承载平台;5—硫化工位;6—轮胎坯
存储区;7—成品胎存储区;8—输送
轨道;9—半圆形输送轨道。

图1 模具可移动式硫化机组结构示意图

侧,在硫化机组的两端设置2个公用机构(以下简称主机),主要负责完成将硫化结束的轮胎从硫化模具中移出、将待硫化胎坯装入硫化模具中并完成硫化模具合模等任务。在主机两侧分别设有胎坯存储器和成品胎存储区,将胎坯与成品胎分别集中放置,方便主机进行装卸胎操作,有利于与硫化工艺的前后工序衔接。

硫化模具采用独特的可以移动的模具组合件,模具的输送轨道由中间的直线形轨道和分列于两侧的2个半圆形轨道组成,在2个轨道上分别设置了3个相同的模具输送装置。中间的直线形轨道和在该轨道上设置的小车只负责将硫化模具由硫化工位运送到主机,而2个半圆形轨道及每个轨道上配置的输送小车仅负责将装好胎坯及完成预定型的硫化模具从主机输送到硫化工位。这种模具输送方式在一定程度上避免了模具在输送轨道上的堵塞,提高了硫化生产的连续性。模具输送装置由伺服电动机和具有特殊结构的用来装载硫化模具组合件的平台组成,由伺服电动机驱动,可以沿轨道向两侧任意移动。

模具可移动式硫化机组的具体执行原理为:某个工位硫化结束后,发出结束信号,接到硫化结束的信号后,在中间直线轨道上的输送小车将自动沿轨道移至该硫化工位旁,可移动式硫化模具通过专用的输送工具将其从硫化工位上剥离,沿直线形输送轨道移动到模具承载平台上,根据两端主机的工作状态,沿半圆形输送轨道将硫化模具输送到处于空闲的主机,然后等待下个硫化工位发出硫化结束的信号进行下一个循环。当一个

主机完成将胎坯装入模具、预定型以及合模等步骤后,发出安装结束信号,输送小车根据硫化工位的状态自动选择2个半圆形轨道上的模具输送装置,将硫化模具送到指定的硫化工位。

3 仿真模拟

Flexsim 是一个功能强大的仿真软件,集计算机三维图像处理技术、仿真技术、人工智能技术、数据处理技术于一体,可在计算机内创建研究对象的三维模型,并对所建立的物理仿真模型用三维动画方式表现出来^[11]。本工作以 Flexsim 为工具,以规格为 8.25R20 S711 的全钢载重子午线轮胎为研究对象,通过 SolidWorks 软件编辑的硫化机各部件及轮胎模型,导入 Flexsim 软件后构建仿真所需的硫化设备对象库,进而对 8.25R20 S711 轮胎的生产过程进行模拟仿真。

3.1 模具可移动式硫化机组模拟

依照如图 1 所示的结构方案进行模具可移动式硫化机组的 Flexsim 模拟建模以及仿真分析。首先需要导入仿真所需对象并定义各对象之间的“流”,即根据硫化工艺的逻辑关系连接各对象之间的输入和输出接口,然后根据每个对象所要描述的物理系统的特征定义对象参数,如轮胎的初始位置、角度、大小等。模具可移动式硫化机组主要从轮胎硫化时间、模具传输速度、硫化逻辑顺序、开合模所需时间等方面设定对象参数。而后需要编辑对象属性下的相关程序代码以确保仿真运行符合实际要求,使得模拟真实有效。

本工作模拟的轮胎规格为 8.25R20 S711,其硫化时间为 46 min,在模拟时主机的操作及模具的开合模时间完全按照实际的轮胎硫化时序表进行设定。图 2~5 所示为采用 Flexsim 建立模具可移动式硫化机组仿真模型的几个关键步骤,图 6 所示为模具可移动式硫化机组仿真模型。此

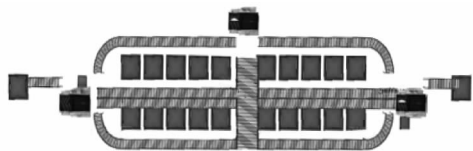


图 2 导入 Flexsim 模型

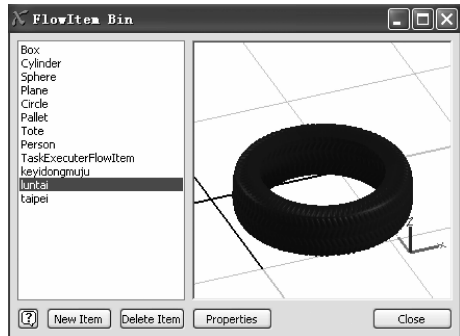


图 3 导入轮胎临时实体

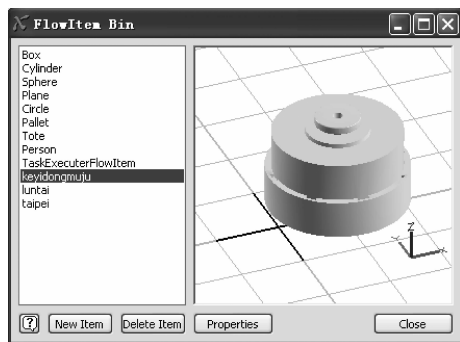


图 4 导入可移动模具模型

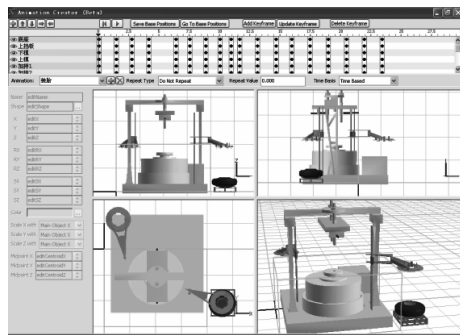


图 5 编辑公用机构动画

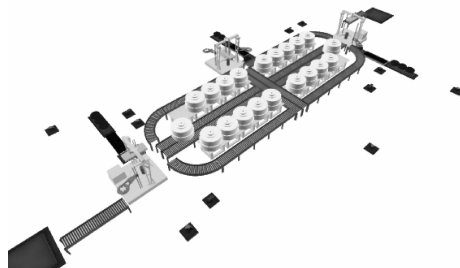


图 6 模具可移动式硫化机组最终仿真模型

外,在本次模拟中,约定所有生产过程均为理想条件,设备运转正常不出故障。

3.2 单体硫化机机群仿真模拟

为了将模具可移动式硫化机组与目前轮胎生

产企业广泛采用的单体轮胎定型硫化机进行比较,先建立单体定型硫化机的 Flexsim 数值模型,然后将其重复扩展为 10 台单体硫化机以构成同模具可移动式硫化机组(具有相同硫化工位数量)的轮胎定型硫化机机群(简称硫化机群),其整体仿真模型见图 7。仿真建模过程与硫化机组的建模过程相似。硫化机群与模具可移动式硫化机组模拟过程中均选 8. 25R20 S711 轮胎,该轮胎的硫化时间为 46 min。

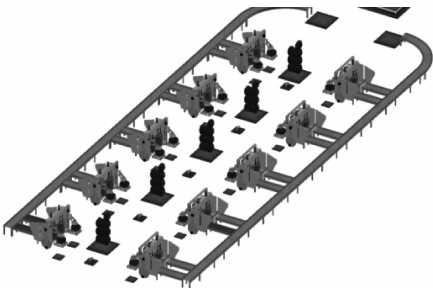


图 7 轮胎定型硫化机机群的整体仿真模型

4 仿真结果分析与讨论

从零部件数目、占地面积和班产量上对相同生产能力的定型硫化机机群和模具可移动式硫化机组进行综合比较。表 1 所示为模具可移动式硫化机组与定型硫化机机群的组成部件数量对比,图 8 和 9 所示分别为两者的占地面积。

对模具可移动式硫化机组及单体硫化机机群的模拟结果表明:

- (1)在仿真过程中,本工作设计的模具可移动式硫化机组运行顺利,另外考虑现在的科技发展与控制水平,该新型硫化机组是完全可行的。
- (2)针对 8. 25R20 S711 轮胎,模拟结果显示,本设计提出的模具可移动式硫化机组最多可设置 26 个独立的硫化工位,8 h 生产量为 236 条;而当

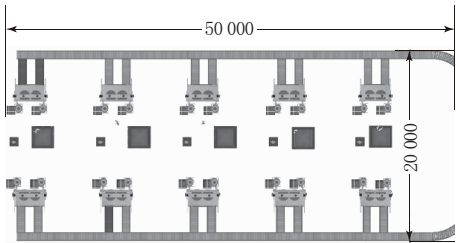


图 8 定型硫化机机群占地面积

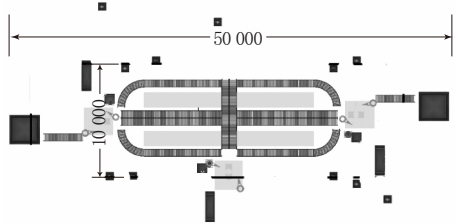


图 9 模具可移动式硫化机组占地面积

设置 20 个硫化工位时,其生产能力与相同模具数量的定型硫化机机群相同,8 h 生产量均为 180 条。

(3)仿真结果表明,同单体硫化机机群相比,在生产能力相同的条件下,模具可移动式硫化机组自动化程度较高,可以节约人力资源,同时完全可以与上道成型工序和下道检测工序实现全自动化对接,有助于实现整个轮胎生产的自动化操作。

(4)模具可移动式硫化机组较定型硫化机机群而言可以节约设备成本 30%,节约占地面积 50%,而且整体布局紧凑,有利于从整体机组考虑节能环保问题,有利于节省空间资源和整个硫化工序的蒸汽用量。

5 结语

本设计提出了一种新型模具可移动式硫化机组的整体方案,针对该方案建立了 Flexsim 仿真模型。在硫化轮胎均为 8. 25R20 S711、设置 20 个硫化工位的条件下,分别对模具可移动式硫化机组和定型硫化机机群的生产过程进行了仿真模拟,对二者仿真数据的综合分析表明:

- (1)模具可移动式硫化机组方案用于全钢载重子午线轮胎的硫化完全可行。
- (2)同单体硫化机机群相比,相同条件下的硫化机组可以大幅度节约占地面积、人工及设备成本,提高生产自动化水平。研究结果为新型模具可移动式硫化机组的研发及其工业应用提供了理

表 1 模具可移动式硫化机组与定型硫化机机群的组成部件数量对比

项 目	主机	主机架	抓胎器	卸胎器	模具	输送导轨	胎座
模具可移动式硫化机组	2	2	2	2	20	3	0
定型硫化机机群	10	10	20	20	20	0	20

论依据和技术支持。

参考文献:

- [1] 于清溪. 轮胎硫化机的现状与展望[J]. 中国橡胶, 2007, 23(22): 8-19.
- [2] 陈维芳, 李东平. 我国硫化机现状与发展[J]. 中国橡胶, 2003, 19(15): 3-6.
- [3] Furukawa Junji. Rubber Industry toward the Twenty-first Century[J]. Polymer Digest, 1999, 51(6): 36-41.
- [4] 吕柏源. 电动螺旋轮胎定型硫化机的研究[J]. 中国橡胶, 2004, 20(12): 16-21.
- [5] 李玉炳. 我国轮胎定型硫化机现状及发展趋势[J]. 橡塑技术与装备, 2003, 29(12): 21-25.

- [6] 桂林橡胶机械厂. 轮胎硫化机组[P]. 中国: CN 2668368, 2005-01-05.
- [7] 张锡成, 段振亚, 石文梅. 轮胎定型硫化设备的研发现状与发展趋势[J]. 橡塑技术与装备, 2010, 36(9): 18-23.
- [8] 魏爱龙. 轮胎箱式硫化机组[P]. 中国: CN 1706618, 2005-12-14.
- [9] 谢立. 三菱重工研发多模具技术[J]. 世界橡胶工业, 2005, 32(10): 51.
- [10] Ken Rogers. 世界轮胎硫化工艺及硫化机技术最新发展趋势[J]. 张学山译. 橡塑技术与装备, 2003, 29(5): 19-21.
- [11] 张晓平, 刘玉坤. 系统仿真软件 Flexsim 3.0 实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 1-8.

收稿日期: 2014-02-04

Structural Design and Simulation Analysis of a Novel Tire Curing System with Multiple Movable Mold Parts

DUAN Zhen-ya^{1,2}, JIAO Yu-kun¹, LIU Zuo-lan^{1,2}, HANG Bai-lin^{1,2}

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China; 2. MESNAC Co., Ltd, Qingdao 266042, China)

Abstract: A novel tire curing system with multiple movable mold parts was designed, and its simulation model was established by using Flexsim software. The feasibility and production operation condition of overall project were discussed. Based on that, the models for conventional single mold machine and the new machine were built. Then the curing process for the truck and bus radial tire 8.25R20 S711 was simulated under the same condition, and the production efficiency and equipment cost were compared between the conventional and new systems. The results showed that the novel tire curing system with multiple movable mold design was completely feasible for the vulcanization of truck and bus radial tire. Compared with conventional single mold vulcanizing machine group under the same condition, the novel tire curing system with multiple movable mold parts could use significantly less production space, reduce labor and infrastructure cost, and improve the automation level for production.

Key words: radial tire; tire curing system with multiple movable mold parts; structural design; analogue simulation

一种抗静电粉末氯丁橡胶的制备方法

中图分类号: TQ333.5; TQ333.99 文献标志码: D

由中国石油天然气股份有限公司申请的专利(公开号 CN 102952302A, 公开日期 2013-03-06)“一种抗静电粉末氯丁橡胶的制备方法”, 提供了一种采用直接凝聚粉末化技术制备抗静电粉末氯丁橡胶的方法, 包括以下步骤: (1) 淀粉改性。在反应瓶中加入水和淀粉, 搅拌加热, 交替滴加碱液和二元酸, 待反应结束时调节 pH 值至一定值, 制得改性淀粉。(2) 接枝胶乳制备。在聚合釜中

依次加入氯丁胶乳、水、改性淀粉、抗静电剂、相对分子质量调节剂, 搅拌加热, 加入引发剂和活化剂, 当接枝聚合转化率达一定值时, 加终止剂, 制得接枝胶乳。(3) 凝聚成粉。在凝聚釜中依次加入接枝胶乳、隔离剂、絮凝剂、凝聚剂, 搅拌、熟化、脱水、干燥制得产品。该抗静电粉末氯丁橡胶粒径为 0.50~1.00 mm, 成粉率不小于 99.5%, 挥发分质量分数不大于 1.5×10^{-3} , 抗静电电阻为 106~109 Ω , 起电电压小于 100 V。

(本刊编辑部 赵敏)