

一种新型轮胎硫化机中心机构结构影响因素的模拟研究

张 磊, 焦志伟, 秦 柳, 丁玉梅, 杨卫民

(北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029)

摘要:针对轮胎定型硫化机中心机构作用下的胶囊内的温度场不均匀、过热水中的热量不能充分利用、硫化时间长的问題,提出一种新型中心机构。通过 Fluent 模拟软件模拟分析该中心机构的高度、直径以及表面喷射孔的数量、位置和角度对胶囊内温度场的影响,得出一种最佳结构。

关键词:轮胎定型硫化机;中心机构;温度场;结构;Fluent 软件

中图分类号:TQ330.4+7 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2015)07-0431-06

硫化是轮胎生产中的重要工序,硫化质量直接关系着轮胎质量。轮胎定型硫化机^[1-3]主要用于轮胎的硫化工序,可用于轿车轮胎、载重轮胎和工程机械轮胎等的硫化。

中心机构是轮胎定型硫化机的主要机构,在过热水通过中心机构^[4]的进水口进入硫化胶囊的过程中,由于中心机构的出水口与进水口位置平行,导致过热水中的热交换仅发生在硫化胶囊的底部区域,不能与胶囊内其他区域的液体进行热交换。同时由于橡胶的导热性很差,且厚度较大,热量传导缓慢,导致整个胶囊中的热交换效率较低,硫化时间长,并且由于胶囊内部温度不均匀,轮胎硫化的均匀性也受到影响,容易出现过硫或者欠硫现象,轮胎的各项性能不达标^[5-8]。

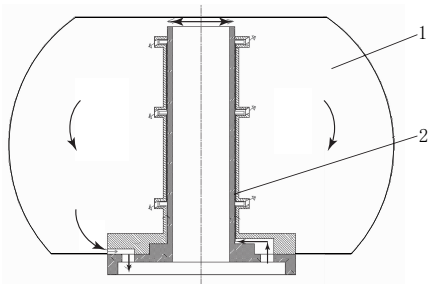
本文主要介绍一种新型轮胎定型硫化机中心机构,并且以中心机构的尺寸以及表面分布的喷射孔作为影响因素,通过 Fluent 模拟软件对比分析中心机构各参数对轮胎定型硫化机工作性能的影响,以增加过热水热交换的范围和时间,减小胶囊内胎侧上下位置的温差,对于最终提高轮胎硫化的效率和质量具有重要意义。

1 一种新型中心机构

该中心机构主要由上端盖和下端盖组成,上

端盖的表面分布一定数量的喷射孔,在下端盖的凸台上端设置套筒,该套筒的内腔与下端盖的内腔相通,在上端盖的上端和下端分别设置一个内腔,其中上端盖的内腔内壁与下端盖的套筒外壁之间存在一个环形流道,上端盖出水口和进水口与下端盖的出水口和进水口相对。其工作原理是:开始硫化以后,过热水依次流经下端盖和上端盖的进水口,然后流入环形流道,从上端盖表面不同高度的喷射孔喷出,由于上端盖表面的喷射孔喷射角度和高度不同,过热水可以无死角快速喷射到胶囊内的各个角落,热交换的过程也可以扩大至整个胶囊内的空间,同时胶囊表面也可以迅速升温,热交换效率明显提高。硫化结束时,过热水依次流经上端盖和下端盖的出水口,快速流出胶囊,如图 1 所示。

目前轮胎定型硫化机在应用的过程中由于中心机构的进水口和出水口的位置平行,且在整个



1—胶囊;2—新型中心机构。

图 1 过热水在新型中心机构的循环路线

胶囊的底部,热量无法在整个空间内进行交换,造成硫化开始时胶囊底部的温度高于胶囊顶部的温度,硫化一段时间后,胶囊顶部温度比胶囊底部高 $4\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,过热水在原中心机构循环路线如图2所示。针对此问题,该新型中心机构的进水口和出水口的上端设有环形流道,目的一是可以使过热水进入胶囊作用一段时间以后再流出胶囊,增加了过热水的作用时间;二是由于在不同的高度上设置喷射孔,可以使上下区域之间的过热水进行充分热交换,避免了上下层温度不均匀的问题,因此可以提高轮胎硫化的效率和均匀性。

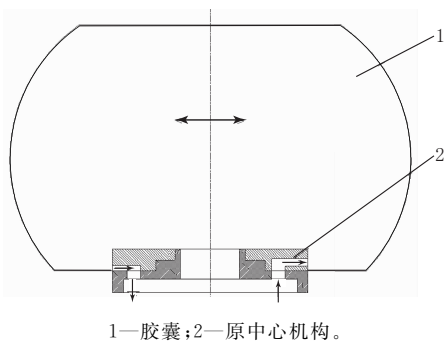


图2 过热水在原中心机构的循环路线

2 模拟

为了说明新型中心机构对胶囊内温度场的影响,以该中心机构的高度、直径以及表面喷射孔的数量、位置和角度为影响因素,利用Fluent模拟软件进行数值模拟。

2.1 假设条件

- ①假设胶囊内流动为非稳态;②忽略振动对流动的影响;③假定胶囊壁面厚度均匀;④假定流动所受外力只有重力;⑤忽略辐射对温度的影响。

2.2 网络模型

2.2.1 建模

在实际分析过程中,考虑到中心机构与硫化机其他结构以及自身的装配关系对硫化机胶囊内的温度场影响不大,采用Gambit进行建模并且将中心机构简化为一个一端开口且具有一定厚度的圆柱体,如图3所示。将该圆柱筒体的下表面作为进水口,并且与外形类似轮胎的胶囊的下表面重合,在圆柱体的一侧设置出水口,在圆柱体外表面的不同高度上设置一定数量的喷射孔。

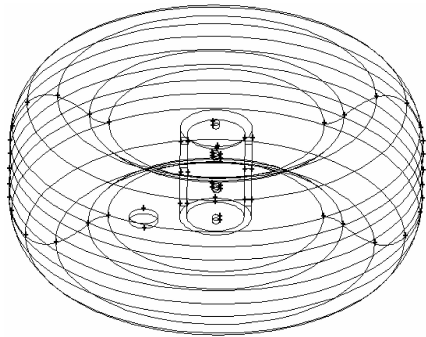


图3 新型中心机构的Gambit模型

2.2.2 边界条件

定义进水口为inlet,其边界类型为velocity inlet,设置入口处的初始温度为 $173\text{ }^{\circ}\text{C}$ (446.15 K),入口处的流速为 $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;定义出水口为outlet,其边界类型为outflow;定义圆柱筒体侧壁的内外侧分别为chuanrebil和chuanrebi2,其边界类型为wall,定义圆柱体顶端内外侧分别为dingduanbil和dingduanbi2,其边界类型为wall,其余面统一定义为wall,边界类型为wall;定义流体的类型为water-liquid,定义圆柱筒体的壁面材料为steel。

3 对比分析及讨论

3.1 新型中心机构对胶囊内温度场的影响

为了形象地说明该新型中心机构对胶囊内温度场的影响,首先采用Fluent分析软件模拟新型中心机构作用下的温度场,如图4所示,然后再分析原中心机构作用下的温度场,如图5所示,将两种结果进行对比分析。

从图4和5可以看出,在新型中心机构的作用下,胶囊内的温度场比较均匀,而原中心机构作用下的温度场各点温度差别较大,最大温差达到 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$,从而验证了在原有中心机构作用下的热交换区域仅集中在胶囊底部的区域,对胶囊中上部

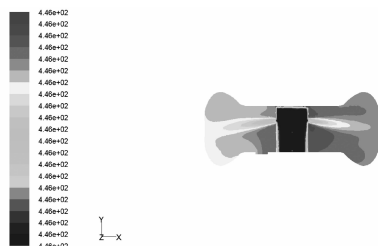


图4 新型中心机构作用下的温度场

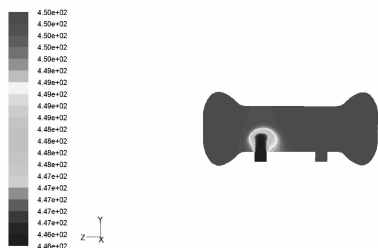


图 5 原中心机构作用下的温度场

区域的温度场几乎没有影响,而在新型中心机构的作用下,过热水可以喷射到胶囊内的各个角落,从而使热交换的范围和强度也随之增大。

从图 4 可以看出,虽然胶囊内的温度场有所改善,但是由于结构因素的限制,局部区域依然存在喷射死角,为了进一步提高温度场的均匀性,以中心机构的直径、高度以及喷射孔为影响因素,利用 Fluent 模拟软件分析其对胶囊内温度场的影响,最终在模拟结果的基础上,针对新型中心机构的工作性能进行优化。

3.2 新型中心机构的直径对胶囊内温度场的影响

设置 3 种中心机构的直径分别为 50,100 和 150 mm,分析新型中心机构的直径对于胶囊内温度场的影响,结果如图 6~8 所示。

当新型中心机构的直径为 50 mm 时,由于该尺寸相对于胶囊内部的空间尺寸很小,对胶囊内部温度场的作用微乎其微,因此会呈现如图 6 所

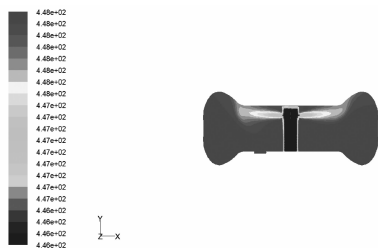


图 6 中心机构的直径为 50 mm 时胶囊内温度场

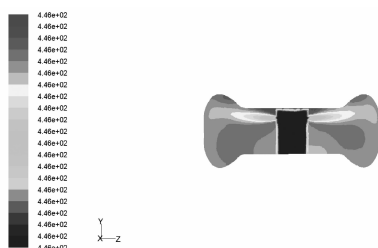


图 7 中心机构的直径为 100 mm 时胶囊内温度场

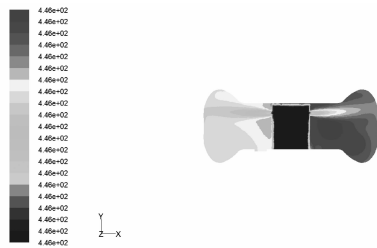


图 8 中心机构的直径为 150 mm 时胶囊内温度场

示的结果;当新型中心机构的直径扩大至 100 mm 时,对胶囊内部温度场的作用明显增强,胶囊内部的温度场也比较均匀;当尺寸进一步扩大至 150 mm 时,与图 5 所示的情况相比,出水口同侧区域的温度场的均匀性有所提高,但出水口对侧区域的温度场的均匀性却有所减弱。这是由于尽管中心机构的直径增大,单位时间进入胶囊内部的过热水量增加,有利于改善胶囊内部的温度场,但出水口只存在于胶囊的一侧,造成在与出水口对侧的区域内的过热水不能迅速流出胶囊,导致胶囊底部区域流体的温度高于刚刚从中心机构顶部喷射的流体的温度。

3.3 新型中心机构的高度对胶囊内温度场的影响

设置 3 种中心机构的高度分别为 360,240 和 180 mm,分析新型中心机构的高度对胶囊内温度场的影响,结果如图 9~11 所示。

从图 9~11 可以看出,新型中心机构的高

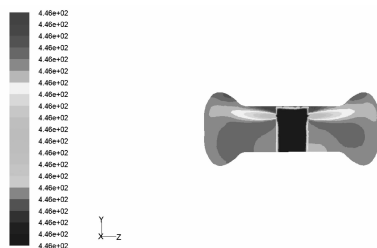


图 9 中心机构的高度为 360 mm 时胶囊内温度场

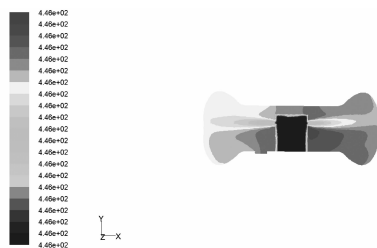


图 10 中心机构的高度为 240 mm 时胶囊内温度场

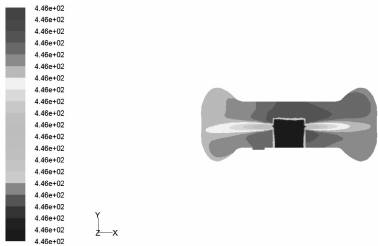


图 11 中心机构的高度为 180 mm 时胶囊内温度场
度越大,影响的范围越大,对胶囊内温度场的影响也就越明显。

3.4 新型中心机构的喷射孔直径对胶囊内温度场的影响

设置 3 种中心机构的喷射孔直径分别为 5, 10 和 15 mm,分析新型中心机构的喷射孔直径尺寸对胶囊内温度场的影响,结果如图 12~14 所示。

从图 12~14 可以看出,中心机构喷射孔直径与中心机构直径的作用原理相似,当喷射孔直径很小时,单位时间进入胶囊内部的过热水较少,因

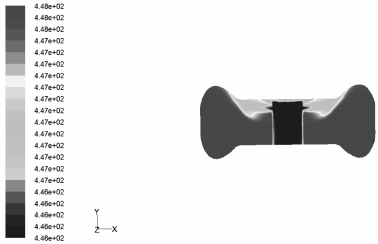


图 12 中心机构喷射孔直径为 5 mm 时的温度场

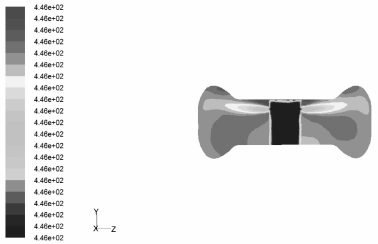


图 13 中心机构喷射孔直径为 10 mm 时的温度场

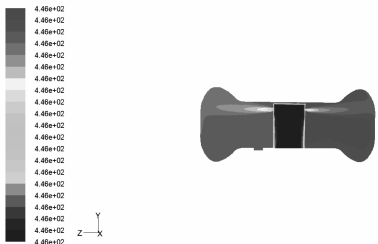


图 14 中心机构喷射孔直径为 15 mm 时的温度场

此对温度场的影响较小;当喷射孔直径扩大至 10 mm 时,中心机构对温度场的作用明显增强,温度场也随之趋于均匀;当喷射孔直径扩大至 15 mm 时,虽然单位时间进入胶囊内部的过热水增多,出水口一侧区域的温度场也趋于均匀,但由于过热水在出水口对侧区域堆积,不能迅速流出胶囊,造成胶囊底部区域流体的温度高于刚刚从中心机构顶部喷射的流体的温度。

3.5 新型中心机构的喷射孔角度对胶囊内温度场的影响

设置 3 种中心机构的喷射孔角度分别为 30°, 90°和 120°,分析新型中心机构的喷射孔的角度对胶囊内温度场的影响,结果如图 15~17 所示。

从图 15 可以看出,由于喷射孔的角度为斜向上 30°,中心机构对胶囊内顶部区域的温度场产生影响,该区域的温度场比较均匀,但是胶囊内中下部区域的温度场所受的影响较小;当喷射孔的角度为 90°时,只有中心机构上部很小的区域的

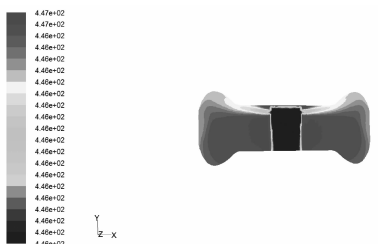


图 15 中心机构喷射孔角度为 30°时的温度场

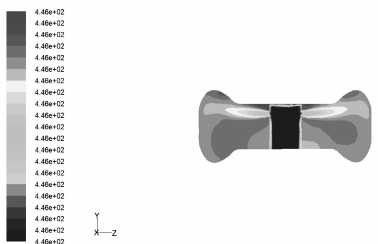


图 16 中心机构喷射孔角度为 90°时的温度场

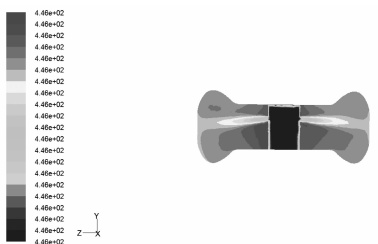


图 17 中心机构喷射孔角度为 120°时的温度场

温度场不受影响,其他区域的温度场在此中心机构的作用下比较均匀;当喷射孔的角度为 120° 时,胶囊中下部区域的温度场相比 90° 时有一定的改善,但是中心机构顶部区域的温度场均匀性有所减弱。

3.6 新型中心机构的喷射孔位置对胶囊内温度场的影响

设置 3 组中心机构喷射孔的位置:①在顶部和中部两个位置;②在顶部和底部两个位置;③在顶部、中部和底部 3 个位置,分析新型中心机构的喷射孔位置对胶囊内温度场的影响,结果如图 18~20 所示。

从图 18~20 可以看出,在中心机构的顶部和中部两个位置设置喷射孔,从而使胶囊在此区域的温度场的均匀性得到了明显的改善,但是胶囊底部的温度场所受影响较小;如果在中心机构的顶部和底部两个位置设置喷射孔,位于顶部的喷

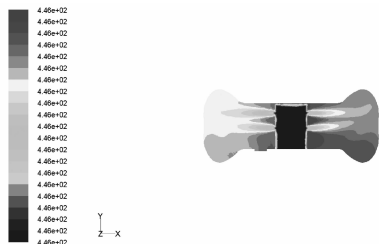


图 18 中心机构喷射孔位置在顶部和中部时的温度场

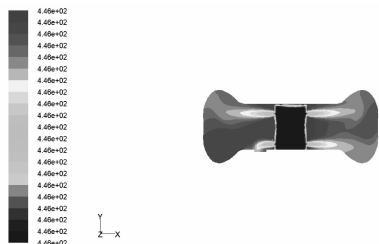


图 19 中心机构喷射孔位置在顶部和底部时的温度场

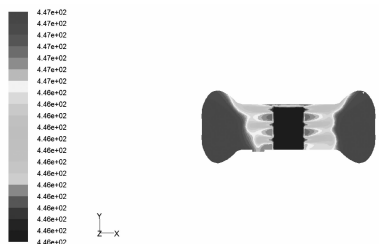


图 20 中心机构喷射孔位置在顶部、中部和底部时的温度场

射孔可以明显改善胶囊顶部区域的温度场,但是底部的喷射孔由于距离出水口很近,喷射出来的过热水还未到达底部其他区域,就从出水口流出;如果在中心机构的顶部、中部和底部 3 个位置设置喷射孔,胶囊中靠近中心机构区域的温度场均匀性明显改善,而胶囊中距离中心机构较远的区域,由于过热水的流速和压力是一定的,过热水分流后压力和流速均有所降低,3 排喷射孔所喷射的过热水的压力和速度比两排喷射孔低,致使图 20 所示情况的过热水无法到达胶囊两侧区域,因此对于此区域的温度场影响较小,会出现如图 20 中间区域温度场比较均匀,两侧区域的温度场均匀性较差的现象。

3.7 最佳结构方案

根据以上针对结构因素对胶囊内温度场影响的分析,本研究认为应设置 3 排喷射孔,每排喷射孔的数量为 9 个,每排有 3 个喷射孔向上呈 30° 喷射,也有 3 个喷射孔向上呈 90° 喷射和 3 个喷射孔向下呈 120° 喷射,且相同角度的喷射孔在圆周方向上彼此间隔角度统一为 120° ,相邻喷射孔彼此间隔的角度统一为 40° ,中心机构的直径为 100 mm,高度为 360 mm,壁厚为 10 mm,喷射孔的直径为 10 mm。通过 Fluent 模拟软件进行初始条件的设定和分析后,最佳中心机构的温度场如图 21 所示,与上述分析结果相比,从图 21 可以看出胶囊内各处的温度场更加均匀,新型中心机构的作用效果显著。

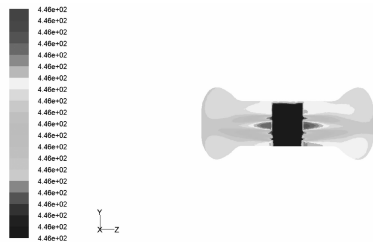


图 21 最佳中心机构作用下的温度场

4 结语

通过 Fluent 模拟软件分析,新型中心机构的设计可以解决现有轮胎定型硫化机的胶囊内温度场不均匀、硫化时间较长的问题,并且针对该中心机构的直径、高度和喷射孔等结构因素

的分析,有助于了解这些结构因素作用于胶囊内温度场的规律,从而为最终的结构设计提供理论依据。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 于清溪. 轮胎硫化机的现状与展望[J]. 中国橡胶, 2007,23(22):8-19.
- [3] Ken R. 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.

- [4] 余崇俊. 浅谈轮胎定型硫化机的中心机构[J]. 橡塑技术与装备, 2001,27(11):33-38.
- [5] 梅周蟒. 轿车子午线轮胎高温硫化的研究[J]. 轮胎工业, 1997,17(7):417-422.
- [6] 刘华功. 轿车子午线轮胎的硫化工艺[J]. 橡胶工业, 1992,39(1):25-29.
- [7] 王海灵,陈良恩,李树凡. 模拟大规格轮胎温度及硫化程度场的数值计算[J]. 橡胶工业, 1993,40(1):48-52.
- [8] 闫相桥,童剑. 轮胎硫化过程的数值模拟技术[J]. 复合材料学报, 2003,20(1):67-73.

收稿日期:2015-02-05

Simulation on Structure Factors of New Central Body in Tire Curing Machine

ZHANG Lei, JIAO Zhi-wei, QIN Liu, DING Yu-mei, YANG Wei-min
(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Because the temperature field of bladder in tire curing machine was uneven with current central body, the heat in the superheated water could not be fully utilized, and curing time was long. In this paper, a new central body was presented. The effect of the height and diameter of the central body, and the number, position and angle of injection holes on the temperature field of bladder was analyzed by using Fluent software, and an optimal structure was obtained.

Key words: tire curing machine; central body; temperature field; structure; Fluent software

AcuTread 胎面获得 SmartWay 认证

中图分类号: TQ336.1+6 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2015 年 4 月 14 日报道:

AcuTread 联盟公司声称其模具硫化的 15.88 mm(20/32 英寸)Drive Tread(见图 1)翻新轮胎通过了美国环境保护署(EPA)SmartWay 认证。AcuTread 公司的低断面宽基驱动和挂车翻新胎面正在 SmartWay 认证过程中。

该公司的技术总监 Bob Majewski 表示,目前模具硫化翻新胎面的精密制造过程和业务优势,在公司获得 SmartWay 认证的驱动轮胎翻新胎面上可以体现。AcuTread 翻新胎面是遵循公司严格工艺规范生产的。

AcuTread 联盟公司不仅在阿拉巴马州、阿



图 1 通过 SmartWay 认证的 Drive Tread 翻新轮胎
肯色州、加利福尼亚州、佛罗里达州、伊利诺伊州、肯塔基州、密西根州、俄亥俄州、田纳西州和弗吉尼亚州生产和经销轮胎,而且同时利用经销商网络。

(赵 敏摘译 吴秀兰校)