

轮胎定型硫化机节能技术的研究

张磊^{1,2}, 焦志伟^{1,2}, 张涛², 秦柳^{1,2}, 杨卫民^{1,2*}

(1. 北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029; 2. 轮胎设计与制造工艺国家工程实验室, 山东 威海 264200)

摘要:针对轮胎定型硫化机在应用过程中存在严重的能源浪费问题, 介绍节能技术的研究现状, 对目前轮胎定型硫化机节能的主要技术和方法进行归纳, 重点从热工系统、节能保温装置、加热方式和热板机构几方面阐述各自的节能原理和方法, 并且指出了各主要节能技术的优缺点, 展望了未来轮胎定型硫化机的发展。

关键词:轮胎定型硫化机; 节能技术; 热工系统; 加热方式; 热板机构

中图分类号: TQ330.4⁺7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2014)08-0458-05

国内汽车行业的发展带来了轮胎市场的繁荣, 轮胎质量和性能也随之成为重点。轮胎硫化过程中, 定型硫化机^[1-3]是使用最多的关键设备^[4], 主要用于空心轮胎(汽车轮胎、工程机械轮胎、航空轮胎、摩托车轮胎和力车轮胎等)的外胎硫化, 可以完成定型、硫化、卸胎以及后充气等一系列工序。轮胎定型硫化机主要由装胎机构、蒸汽室、中心机构、后充气装置和卸胎机构等组成。

硫化是轮胎生产工序中的主要耗能部分, 一个年产 100 万套轮胎的传统轮胎企业每小时用于轮胎硫化的蒸汽约为 40 t, 消耗电量约 7 000 kW·h^[5]。因此研究和开发轮胎定型硫化机节能新技术^[6], 并对传统设备进行改造, 以提高设备的使用性能, 减少能耗, 节约能源, 降低生产成本, 对于整个轮胎行业的发展具有重要意义。

本文针对现有轮胎定型硫化机存在的能耗大、设备利用率低等问题, 首先归纳和总结了现有的轮胎硫化机节能技术, 然后分析阐述了这些技术的不足之处, 最后对新型轮胎定型硫化机节能技术提出了展望。

1 轮胎定型硫化机节能技术

1.1 热工系统改进

杨举等^[7]通过在热工系统的左右进气管道之间安装一只气动切断阀, 采用同一气源控制该阀

门与氮气阀门之间的动作同步, 可以有效阻止氮气进入蒸汽管道。同时再设置一个气动阀控制单元, 用两个控制单元分别对进气保压阀和排气保压阀进行控制, 使用该方法可以任意调节左右胶囊的定型压力, 从而大大减少了褶子、大边轮胎的数量, 同时可以充分发挥各种保压阀的作用, 极大地减少串压现象的发生。同时由于进、出保压阀有效合理地开启和关闭, 也大大减少了氮气向主排气管及氮气回收管等管道泄漏现象的发生。

赵超等^[8]在其专利中提到在轮胎定型硫化机的热空气循环系统的通风口处添加电子加热设备。该电子加热设备位于轮胎的支撑架上, 该支撑架靠近硫化罐的底端, 与热空气循环系统的通风口相对, 主要由电热管架、接线盒、电热管和散热管组成, 电热管的周围包裹着散热管。同时在硫化罐的侧壁上放置一个测温探头, 该探头与轮胎定型硫化机的温度控制系统相连。增压时, 热空气开始循环流动, 电子加热设备通电, 电热管组被加热, 由热空气循环系统驱动的压缩空气在硫化罐里流动, 使模具内的温度均匀一致。根据测温探头所反映的温度, 温度控制系统可确保硫化罐内的压力和温度保持恒定, 从而获得理想的硫化效果。该方法的优点是升温快, 温度控制精确, 硫化时间短。

尹启旺^[9]在其专利中提到一种快速回收轮胎定型硫化机硫化热水的系统, 主要由轮胎胶囊的热水循环回路和胶囊内的热水回收回路组成。热水循环回路由除氧热水罐、水泵和轮胎胶囊组成,

作者简介:张磊(1988—), 男, 内蒙古赤峰人, 北京化工大学在读硕士研究生, 主要从事高聚物加工的研究。

* 通信联系人

除氧器之间由管路依次连通。热水回收回路为轮胎胶囊与除氧器之间连通的另一管路,轮胎胶囊接通蒸汽管路,利用热水罐作为热水回收回路的溢流装置,即在热水回收回路上设置一个分支管路连通热水罐,分支点处设有接收除氧热水罐满溢信号的三通控制阀。该装置可以保持热水系统的水量平衡,缩短轮胎硫化周期,提高了工作效率。

这些方法虽然在原有基础上产生了积极的效果,但是考虑到轮胎定型硫化机的热工系统^[10]极其庞大,对其进行改进是一项复杂的工程,且对企业的人力、时间、财力消耗很大,如果想在短时间内找到热工管路中的泄漏点,并进行及时修补,是很难做到的。

1.2 添加节能保温装置

谢义忠^[11]在其发表的专利中提到,在硫化机模具的上加热托板和下加热托板外周部设有若干隔热保温装置,在模具的外周部也设有隔热保温装置^[12]。类似的保温装置可以较大程度地降低硫化机的热能散损,既节约能源,又可以大大降低硫化车间的环境温度,改善工作环境。这种保温隔热方式是通过第1道真空或空气隔热装置来完成的,把热量隔离交换了70%~80%,剩余的热量隔离交换由第2道的玻璃纤维与聚酯混合压制隔热板来完成。硫化机内的温度约为200℃时,该方法可以保证硫化机机架等外露在表面的零部件温度不高于45℃。该方法中提到的隔热材料为聚酯玻璃纤维。玻璃纤维为大分子物质,虽然能使层与层之间严密地压合,但是分子之间的空隙依然很大,此种结构会减弱聚酯玻璃纤维的隔热性,并且由于硫化机的体积通常较大,对整台硫化机配置该隔热材料的成本较高,而且对整个硫化车间的机组改造较困难。

1.3 改变加热方式

金书明^[13]在其申请的专利中提到用电磁加热的硫化模具取代硫化机的加热板^[14-15]。电磁加热的原理是通过缠绕在硫化模具外的电磁线圈在交变电流作用下产生交变磁场,交变磁场直接通过钢质模具产生回路,并在模具内形成涡旋状的感应电流,该电流的能量又通过钢质模具的电阻直接转化成热能加热模具^[16]。这种方式的优点

是热转换效率高、加热迅速、安全节能并可防止电磁泄漏,缺点是电磁加热器的单价高,损坏后更换成本太高,而且由于其属于新产品,相应的国家标准还未出台,电磁波加热时产生的电磁辐射强度没有通过检验,因此不确定其电磁辐射强度是否合格,长期使用是否对人体有害。

赵鸿济等^[17]在其专利中提到一种远红外加热装置,该装置包括罐体和锁紧装置。远红外装置位于罐体内,作为一种外部温度能量来源。该装置能源消耗率低,污染小,能源利用率高。

郭生荣等^[18]在其专利中提到一种电恒温节能轮胎硫化模,将电加热器做在内模上,内外模之间加一层隔热层,并且采用电恒温、定时和故障报警等装置。使用该装置可以保证硫化质量,既能用于轮胎翻新,又能用于轮胎制造和修补,实用性强,消灭了产品“里生外熟”现象,但是在轮胎硫化过程中实时保持恒温消耗的电量很大,影响整体的节能效果。

1.4 改进轮胎定型硫化机的热板机构

李婷^[19]在其专利中提到一种轮胎定型硫化机节能型热板机构,由支撑板和传热板组成,支撑板位于传热板上方,传热板上设置有加热器,支撑板与加热器之间从上向下依次设有真空层和反射层。真空层能够阻断加热器向支撑板传递热量的途径,从而降低热量损失;反射层可将辐射到其表面的热量反射回去,反射的热量可被传热板传递出去用于加热轮胎。因此该装置可以使加热器发出的热量得到充分利用,可有效提高能源的使用效率。

李剑等^[20]在其专利中提到一种轮胎定型硫化机整体式热板机构,主要由上主板、下主板、接管和垫环组成,上下主板为直径相同的圆环形板,下主板内面有高度相同的、与上主板相配合环形的外凸缘、内凸缘、筋板和凸台。外凸缘、内凸缘、筋板和凸台的高度相同,下主板与上主板配对,经筋板、凸台与上主板固定连接,2个接管位于上下主板之间,并与上下主板固定连接,垫环卡于上下主板的内环孔内、并与上下主板固定连接。该装置包含的部件少,组装工序简单;上下主板在各凸台与筋板之间形成弯曲的蒸汽通道,保证蒸汽热量的良好传递,装置密封性好,有利于提高轮胎硫

化的质量。

徐慕贤等^[21]在其专利中提到一种轮胎定型硫化机的迷宫型钻孔式热板,其下热板采用整体加工:在圆环状板体外缘中间加工出外环槽,外环槽外围用外封闭环封闭,用分隔板将外环槽周向分隔成发散分汽环形槽和集汽环形槽;在圆环状板体中间径向加工出内环槽,内环槽外围用内封闭环封闭,用分隔板将内环槽周向分隔成多个分集汽环形槽,分集汽环形槽与蒸汽流道连通;在外封闭环外缘开设一个进气口和一个回气口。该装置易于加工、不易泄漏、温度均匀、变形小且生产安全。

这些方法虽然在节能方面有较大改进,但是对于轮胎定型硫化机的热板机构,只能改善轮胎与热板接触部分的受热状况,对于远离热板部分的受热没有明显的改进,轮胎的受热不均匀现象没有得到明显改善。

1.5 其他节能方法

1.5.1 改进硫化机抽真空排气管道

采用氮气硫化工艺生产半钢子午线轮胎,生产过程中采用动力水通过喷射器对胶囊进行抽真空。抽真空回水经管道排入低位水箱,并由水泵送回循环水池循环使用。由于回水管道坡度小、管线长、管径偏小等因素,导致大部分硫化机抽真空困难,抽真空时间长,动力水浪费严重,设备生产效率低。

在中心机构压盖的排气口壁上钻一个排水孔,当上环上升时,水缸上腔内的积水将由排水孔提前排出,而不会与胶囊下夹盘接触,从而大大减少二次蒸汽量。硫化机管道及阀门结垢虽不是普遍现象,但部分排气管道结垢非常严重,可以通过疏通胶囊排气管道解决此问题。中心机构导水孔及导水杆的内孔因结垢使有效通径大大缩小,导致抽真空速度降低,可以通过疏通胶囊排气管道解决此问题。同时还可以增加硫化机抽真空排气通道。改进前硫化机抽真空时,每个胶囊只有排气管一个通道进行抽真空排气,一旦该通道出现管路结垢、堵塞等现象,必然会降低胶囊抽真空速度,延长抽真空时间,对生产造成影响。在左右胶囊的进气管道上各增加一根管道,并分别安装一个气动切断阀。两个阀门与抽真空阀共用气源,

同时开启或同时关闭。增加两个阀门后,抽真空时胶囊内的余气可通过胶囊进气管和排气管同时进入硫化机排气主通道,使得每个胶囊在抽真空时都有两个排气通道同时进行,且由于主通道管径比胶囊进气管和排气管通径大,使得改进后的硫化机抽真空速度明显提高,达到了快速抽真空的目的。由于真空泵抽真空的能耗仅为传统动力水抽真空能耗的1/3,为此,将动力水抽真空方式改为采用真空泵集中抽真空,可以全面缩短抽真空时间,提高硫化机生产效率^[22],但仍有个别硫化机抽真空困难。

1.5.2 电子束辐射硫化

电子束辐射硫化^[23-24]是目前高分子加工常用的技术。该技术主要用于聚乙烯(PE)和聚氯乙烯(PVC)电缆的交联,以及涂料和粘合剂的聚合。电子束辐射技术在橡胶行业中的应用并未得到其在塑料行业同样的关注度,但一些利用电子束辐射硫化和改性弹性体的重要研究也在同时进行。

电子束辐射硫化技术^[25]是指通过电子加速器发射的高能电子束辐照轮胎半成品部件,如帘布层和气密层等,使胶料离子化、活化并发生交联反应,可以用来硫化不同厚度的橡胶制品,不论其是否含有硫化剂。在橡胶行业中这项技术主要用于橡胶产品和复合产品中的不同组件在最终硫化前的预硫化。相比其他热化学交联方法,电子束辐射交联的过程非常清洁,耗能较少,允许更快的加工速度,可以在室温下操作,有效提高生胶强度,避免材料的浪费。同时可缩短硫化时间,提高生产效率。

电子束辐射硫化设备包括用于产生高能电子束的电子加速器及其束下装置。电子束辐射硫化的难题是如何控制电子束深度剂量分布和被照射物质的平均吸收辐射能量,提高电子束的利用效率,防止放射性污染和辐射损伤。因此在橡胶工业中,电子束辐射技术的工业化还没有获得各个国家的广泛关注,尤其是在发展中国家^[26]。

1.5.3 缩短预热时间

陆林等^[27]在其专利中提到现有的轮胎定型硫化机上增添一个气体分散挡板,该挡板位于与蒸汽入口相对的流道内,可以确保过热蒸汽分散均匀,改变以往流动的趋势,且可以防止模具局部

受热。同时可以大大减少模具的预热时间,提高轮胎受热的均匀性,模具不同部位受热不均和升温速度不一致的情况也得到了改善。

2 存在的问题

当前各种节能技术的不足之处主要表现在以下几个方面。

(1) 轮胎硫化过程存在较长时间的硫化诱导期和预硫化期,该阶段不需要太高的温度和压力,而现有轮胎硫化技术却在这个阶段消耗了大量的能量。

(2) 现有轮胎硫化机技术采用蒸汽加热的胶囊硫化方式,胶囊表面存在较大的温差,导致轮胎硫化程度不均匀。为了保证轮胎完全硫化,只能延长硫化时间,从而增加了能耗。

(3) 蒸汽加热方式能量转化率低,加之胶囊硫化方式导热性差,从根本上限制了轮胎硫化节能技术的进一步发展。

上述改进技术虽节能效果明显,但对硫化机性能对轮胎硫化成型制品质量的影响考虑较少,只有深入理解两者之间的依存关系,才能从根本上提高轮胎硫化机的能源利用率,并降低轮胎硫化能耗。

3 技术展望

为降低改造成本,保证良好的节能效果,极大地提高轮胎的质量和性能,展望未来轮胎定型硫化机的发展,主要有以下几方面。

(1) 发展轮胎预硫化技术。轮胎被放入蒸汽室进行硫化之前,往往被闲置在存胎器上,如果利用这段时间对轮胎进行加热,达到预热温度,然后再放入蒸汽室进行硫化,可以大幅减少硫化时间,并且对轮胎硫化的均匀性也有一定的促进作用。

(2) 现有胶囊式硫化技术的温度均匀性改进技术。如今小型轮胎主要采用蒸汽中加入氮气进行硫化,由于气体的扩散性明显强于液体,因此上下胎侧的温度不均匀性有所改善,但是由于胶囊底部冷凝水的存在,上下胎侧的温度不均匀现象依然很明显。作为轮胎定型硫化机的核心部分,同时又直接控制轮胎的硫化过程,中心机构的改进可以显著改善轮胎定型硫化机胶囊内的整体传

热效果,进而可以减小上下胎侧的温差,缩短硫化时间,降低能源消耗。

(3) 完全否定现有胶囊式硫化方法的直压硫化技术。如今胶囊传热的不均匀性和对中性差被认定是导致轮胎质量不达标的主要原因,同时其寿命短,更换成本很高。因此否定现有的胶囊式硫化方法,提出一种结构替代胶囊提供给轮胎硫化所需的温度和压力是必要的。

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 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.
- [4] 高波. 55°B型轮胎双模硫化机热工系统的改进[J]. 橡胶技术与装备,1988,24(2):46-47.
- [5] 杨顺根. 橡胶行业节能技术和设备介绍[J]. 橡塑技术与装备,2007,33(5):51-57.
- [6] Tsyru'nikov, I. M. Heat Consumption Comparison for Tyre Shaper-vulcanier under Different Heating Techniques[J]. Khimicheskoe/Neftegazovoe Mashinostroenie,2002(4):3-5.
- [7] 杨举,陈晓梦,王晓敏,等. 浅谈半钢子午线轮胎定型硫化机热工及控制管路的改进[J]. 橡塑技术与装备,2011,37(6):48-50.
- [8] 赵超,姚宁. 电加热翻胎硫化罐[P]. 中国:CN 201140493,2008-10-29.
- [9] 尹启旺. 快速回收轮胎硫化热水的硫化机热水系统[P]. 中国:CN 201410719,2010-02-24.
- [10] 陈天任. 轮胎硫化热工系统的改进[J]. 福建化工,1995(1):51-53.
- [11] 谢义忠. 新型硫化机节能保温装置[P]. 中国:CN 202071265U,2011-02-25.
- [12] Chen D L, Liu L, Zhou H C, et al. Experimental Investigation on Feasibility of a Realtime Adjustable Heat-insulation Device[J]. Ranshao Kexue Yu Jishu/Journal of Combustion Science and Technology,2004,10(2):149-154.
- [13] 金书明. 一种硫化机及美耐皿成型机电磁加热装置[P]. 中国:CN 2798486Y,2006-07-19.
- [14] Liu D, Mao W, Hong L G. High Performance Dynamic Control System of Hot Plate Leveler Based on Model Predictive Control[A]. Proceedings of the 30th Chinese Control Conference, Wuhan,3420-3424.
- [15] Junichi F, Tomohiro H. Study on Guarded Hot Plate Apparatus for Measurement of Thermal Conductivity of Small Polymer Specimens[A]. 2007 Proceedings of the ASME/

- JSME Thermal Engineering Summer Heat Transfer Conference-HT 2007, Vancouver;439-447.
- [16] Hanson G W, Patch S K. Optimum Electromagnetic Heating of Nanoparticle Thermal Contrast Agents at RF Frequencies [J]. Journal of Applied Physics, 2009, 106(5): 1-10.
- [17] 赵鸿济, 金爱善, 孙京正, 等. 远红外加热轮胎硫化罐[P]. 中国: CN 2461749, 2001-11-28.
- [18] 郭生荣, 梁青云. 电恒温节能轮胎硫化模[P]. 中国: CN 2195428, 1995-04-26.
- [19] 李婷. 轮胎硫化机节能型热板结构[P]. 中国: CN 201720979U, 2011-01-26.
- [20] 李剑, 韦承巧. 轮胎硫化机整体式热板[P]. 中国: CN 201800174U, 2011-04-20.
- [21] 徐慕贤, 王家彬. 轮胎定型硫化机的迷宫型钻孔式下热板[P]. 中国: CN 200945695, 2007-09-12.
- [22] 杨举, 陈允全, 籛籍红. 半钢子午线轮胎定型硫化机抽真空管路的改进[J]. 轮胎工业, 2011, 31(12): 758-760.
- [23] Panu P, Supawan T, Varawut T. Dynamic Vulcanization of Reclaimed Tire Rubber and High Density Polyethylene Blends [J]. Polymer Degradation and Stability, 2006, 91(12): 3456-3462.
- [24] Liang B, Ji J M, Hong X D. Study on Mechanical Properties of EPDM/HPVC Prepared by Dynamic Vulcanization [J]. Advanced Materials Research, 2011, 299-300: 751-754.
- [25] 周明宇. 电子束辐射硫化——一种在硫化橡胶表面引进混合交联键来提高质量和效率的独特技术[J]. 橡塑资源利用, 2012(2): 14-19.
- [26] 何小海, 董毛华, 谢春梅. 电子束辐射硫化的原理及应用[J]. 轮胎工业, 2010, 30(1): 42-45.
- [27] 陆林, 刘贵鹏, 刘凤芹, 等. 具有蒸汽分散挡板的蒸锅式轮胎硫化机[P]. 中国: CN 201848955U, 2011-06-01.

收稿日期: 2014-03-24

Study on Energy-saving Technologies of Tire Shaping and Curing Press

ZHANG Lei^{1,2}, JIAO Zhi-wei^{1,2}, ZHANG Tao², QIN Liu^{1,2}, YANG Wei-min^{1,2}

(1. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. National Engineering Laboratory of Tire Design and Manufacture, Weihai 264200, China)

Abstract: For the problem of serious energy waste in the application process of tire shaping and curing press, the research status of energy-saving technologies on tire shaping and curing press was introduced, and the energy saving techniques and methods were summarized. Focused on thermal system, energy saving insulation device, heating methods and heating plate, the principles and methods of energy saving were described, and the advantages and disadvantages of the major technologies were pointed out. The future development of tire shaping and curing press were outlined.

Key words: tire shaping and curing press; energy-saving technology; thermal system; heating method; heating plate

固特异将投资 5 亿美元在美洲建厂

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com) 2014 年 5 月 29 日报道:

固特异轮胎橡胶公司宣布更新其 2014—2016 年的资本分配计划, 该计划将允许公司投资约 5 亿美元建立一个新的消费轮胎厂, 以满足北美和拉丁美洲的需求。

固特异表示, 该工厂将拥有最先进的技术, 初始年产能约为 600 万套轮胎, 其产能可随着需求增长。目前正在进行可支持北美和拉丁美洲客户

的最佳厂址的选择。该厂预计在 2017 年上半年开始生产。

“支持我们投资战略的另一个关键要素是在有利的市场领域赢得客户,” 公司董事长兼首席执行官 Richard Kramer 说, “随着我们在北美和拉丁美洲的高附加值轮胎需求的日益增长, 此时正是在美洲投资扩大生产能力的好时机, 以保持固特异的领先地位, 并在 2016 年后扩大盈利。固特异已为这一市场需求准备就绪, 并具有生产投资高回报的良好记录。”

(吴淑华摘译 李静萍校)