

实心轮胎均匀硫化工艺的研究

刘斐,张金云,李博,戴坤添,杨卫民,焦志伟*

(北京化工大学 轮胎设计与制造工艺国家工程实验室,北京 100029)

摘要:将电磁感应加热技术应用于实心轮胎外模具和轮辋加热,并以某规格实心轮胎为试验对象进行空载测温试验,研究实心轮胎均匀硫化工艺。结果表明:外模具内腔表面升温迅速,上下模体温差小,热效率高,节能效果明显;轮辋在电磁感应作用下升温效果明显提高,可以缩短轮胎硫化时间,提高轮胎硫化质量。

关键词:实心轮胎;电磁感应加热技术;均匀硫化

中图分类号: TQ330.6+7; TQ336.1+3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2015)08-0480-05

实心轮胎以其优异的耐久、耐压及耐磨性能广泛应用于各种工业车辆、军事车辆、建筑机械、港口机场的拖挂车辆等领域^[1]。实心轮胎硫化的主要设备有硫化罐和平板硫化机。早期的实心轮胎硫化主要采用硫化罐,劳动强度大,生产效率低,能源利用率低,正逐步被平板硫化机所取代。现有的平板硫化机硫化工艺虽然在节能效果上有所提高,但也存在新的问题:硫化所需的温度是由上下热板向外模具纵向传导产生的,导致热源在胎坯轴线方向上存在温差,在硫化过程中胶料温度补偿不均一,从而引起硫化程度不一致,严重影响成品轮胎的使用性能。

本工作提出一种实心轮胎均匀硫化工艺,将电磁感应加热技术应用于实心轮胎外模具和轮辋加热,以某规格实心轮胎的外模具及轮辋为试验对象,进行电磁感应加热工艺改造,通过空载测温试验,探讨电磁感应加热技术应用于实心轮胎硫化工艺的优越性。

1 电磁感应加热原理与特点

电磁感应加热源于法拉第发现的电磁感应现象,原理是利用电磁线圈在高频交变电流作用下产生交变磁场,被加热的金属工件通过切割磁力线表面产生涡旋电流,涡旋电流的热效应使得工

件温度迅速升高^[2],如图1所示。另外,铁磁性金属材料被磁化时,磁性偶极子可以看成是小磁针,它随着磁场方向变化(即交流电流的变化)而转动,这种来回转动会引起物体内部产生一定的热量,即磁滞发热^[3]。电磁感应加热的实质是靠感应线圈将电能传递给待加热的金属,电能可在金属内部转变为内能,达到加热金属的目的,整个过程中能量是通过电磁感应传递的。

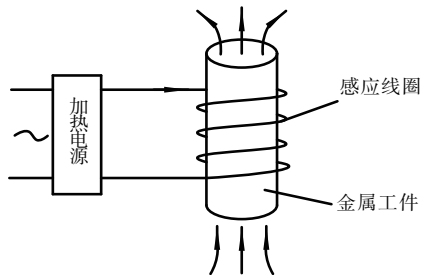


图1 电磁感应加热原理示意

将电磁感应加热技术应用于轮胎模具加热具有以下特点。

(1)加热效果易于控制。根据模具温度分布需求自由调整电磁线圈的排布位置,能够实现均匀供热;加热速度可以通过调整控制器的频率和功率来控制。温度控制实时准确,有利于改善产品质量。

(2)高效节能。采用内热加热方式,模具自身发热,省去了热传导和热对流,热启动非常快,平均预热时间比电阻圈加热方式缩短60%以上。同时可以根据情况在加热体外部包裹一定的隔热

作者简介:刘斐(1990—),男,江西吉安人,北京化工大学在读硕士研究生,主要从事轮胎精密节能制造工艺及装备的研究。

* 通信联系人

保温材料,大大减少热损失,热利用率高达 90% 以上,节能效果显著。

(3)使用成本低。电磁线圈本身不发热,可承受 500 ℃ 以上高温,使用寿命长,后期基本无维护成本。控制器采用闭环系统,拥有完善的保护功能,充分保证设备长期安全运行。

(4)改善工作环境。避免了蒸汽或电阻圈对空气的散热,环境温度可降至常温,大幅改善了生产现场的工作环境。

2 实心轮胎电磁感应加热硫化改造

2.1 外模具加热工艺改造

以某规格实心轮胎硫化外模具为改造对象,在上下模体外周各缠绕一组线径规格为 10 mm² 的电磁线圈,两者缠绕方向相反,以消除两者之间的磁场干扰;两组线圈的电感量相同,分别由两个额定功率均为 25 kW 的控制器单独控制,调节工作频率和功率使上下模体各对应位置温升同步一致;通过镶嵌在模体上的热电偶对外模具温度进行实时监控。外模具电磁感应加热改造方案如图 2 所示。经电磁感应加热工艺改造后的平板硫化机只提供硫化压力,模具内壁热量由外壁经感应生热导入,在纵向和周向方向保持加热速率一致,轮胎硫化性能可得到提高。

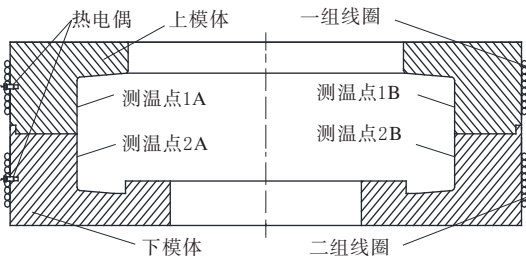


图 2 外模具电磁感应加热方案示意

2.2 轮辋加热工艺改造

采用现有实心轮胎硫化工艺方式时,轮辋挂载胶料放入外模具中,轮辋升温主要依靠模具密闭环境内的热空气对轮辋的热对流和热传导实现,升温缓慢,易导致胶料内外两侧硫化温差大。本工作将电磁感应加热技术应用在轮辋加热上,如图3所示。在轮辋内部增设线圈安装环,用于电

磁线圈的缠绕,线圈安装环采用不导磁材料不锈钢 304 制作,固定在下模体中心位置,在下模体上位于轮辋附近安置热电偶,通过探明热电偶探测温度与轮辋温度之间的关系,进而对轮辋温度进行调控。实心轮胎电磁感应加热硫化改造总装如图 4 所示。

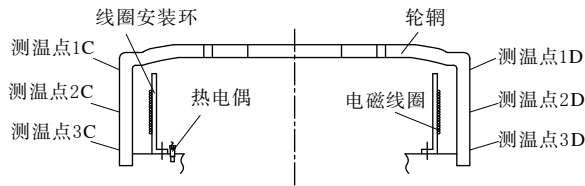


图 3 轮辋电磁感应加热方案示意

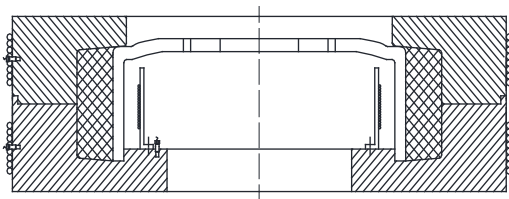


图 4 实心轮胎电磁感应加热硫化改造总装示意

电磁线圈的线径、缠绕匝数、安放位置及配套控制器均对轮辋各处温度分布有较大影响。为精确高效实现轮辋温度分布均匀,在对轮辋进行多次空载测温试验后,确定线径规格为 4 mm²,线圈缠绕匝数为 17 圈,线圈距离轮辋纵向两端距离相等,采用额定功率为 15 kW 的控制器进行加热控制。

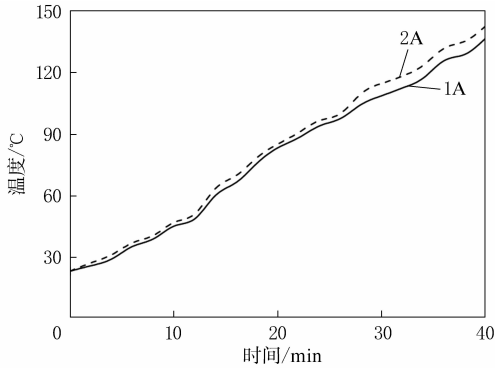
3 结果与讨论

3.1 外模具加热效果

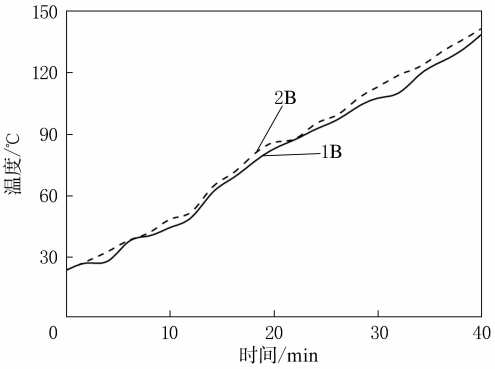
为验证改造方案对外模具温升均匀性的改善效果,对外模具进行空载测温试验,通过测定图 2 所标测温点的温升变化情况来探讨外模具纵向和周向的温升均匀性。

外模具纵向测温点和周向测温点的温升特性曲线分别如图 5 和 6 所示。

从图 5 和 6 可以看出,外模具内腔温升迅速,硫化 40 min 时测温点平均温度达到 140 ℃,比现有热板加热工艺温模时间缩短约 20 min。另外,由于试验过程中未采取保温措施,因此在实际生产过程中温模时间还能进一步缩短。由于热量由

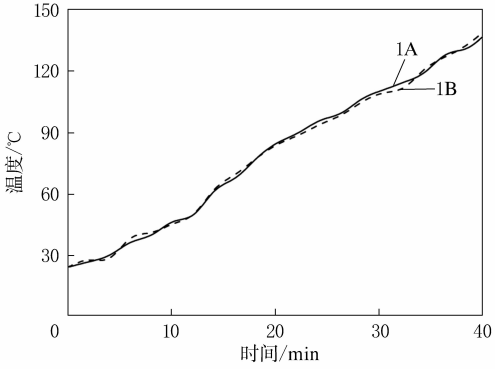


(a)测温点 1A 和 2A

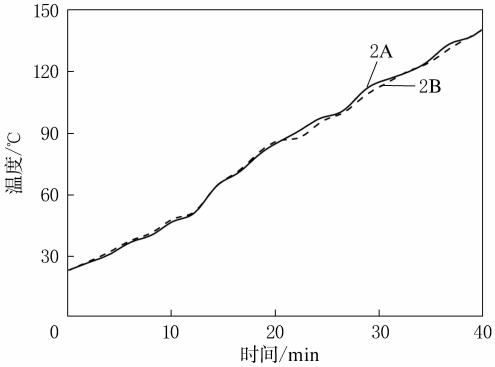


(b)测温点 1B 和 2B

图 5 外模具内腔表面纵向温升特性对比



(a)测温点 1A 和 1B



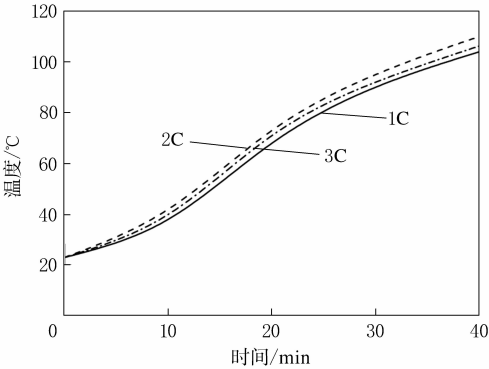
(b)测温点 2A 和 2B

图 6 外模具内腔表面周向温升特性对比

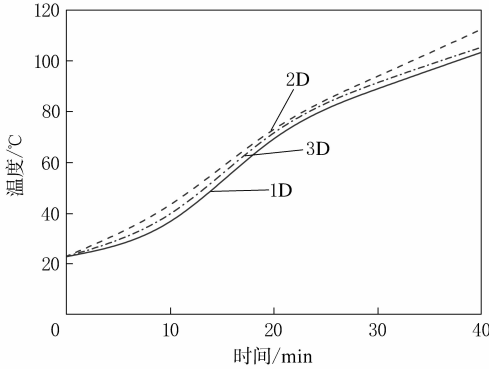
模具外壁感应生成,因此上下模体内腔在纵向方向上的温差较小,可以控制在设定温度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内,相比传统热板加热硫化工艺,纵向方向上温度补偿不均问题得到有效解决。测温点 1A 与 1B 以及 2A 与 2B 的温升曲线接近重合表明在模具内腔周向方向各点温升步调一致。

3.2 轮辋加热效果

将轮辋及电磁感应加热装置置于模具外进行测温试验。图 3 所标测温点的温度变化曲线如图 7 和 8 所示。



(a)测温点 1C、2C 和 3C

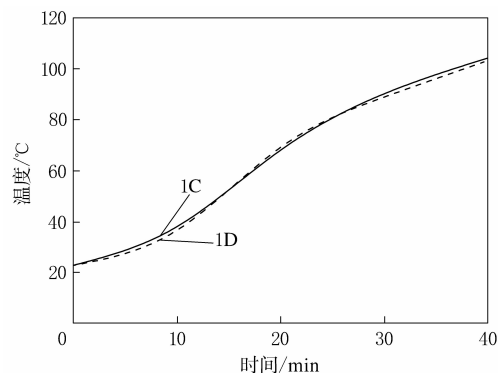


(b)测温点 1D、2D 和 3D

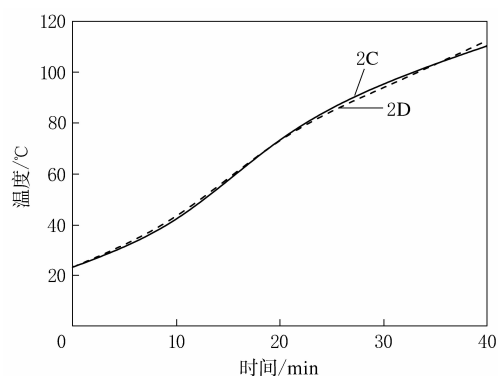
图 7 轮辋表面纵向温升特性对比

从图 7 可以看出,轮辋表面上中下 3 个测温点的温升曲线接近,中部升温速度略大于上部和下部。分析认为,电磁线圈距离轮辋中部位位置较近,感应磁场更强,涡流相对较大。纵向测温点的温差保持在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内,满足硫化需要。此外,可以通过后期调整电磁感应工艺来减小轮辋纵向温差。

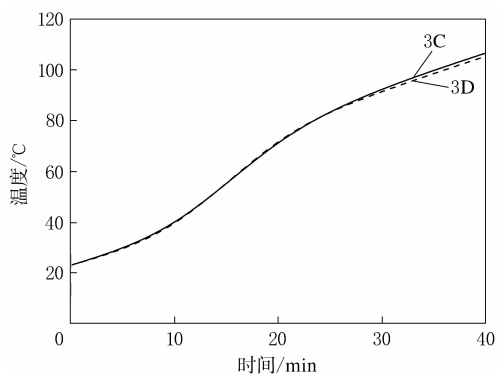
从图 8 可以看出,在加热过程中,轮辋表面周向温升速度几乎保持一致,完全达到试验设计要



(a) 测温点 1C 和 1D



(b) 测温点 2C 和 2D



(b) 测温点 3C 和 3D

图 8 轮辋表面周向温升特性对比

求。试验结果表明采用电磁感应加热技术可以大幅提高轮辋的温升速度。此外,如果配合密闭环境下热空气作用,轮胎硫化制造过程中轮辋的温升速度将远大于图 7 和 8 所示的试验数据,轮辋达到硫化温度的时间大幅缩短,不仅可以缩短轮胎硫化时间,而且能够提高轮胎硫化质量,改善成品轮胎的使用性能。

4 结论

(1)电磁感应加热技术应用于实心轮胎硫化工艺改造获得成功。与现行硫化工艺相比,电磁感应加热技术具有硫化温度控制精度高、硫化均匀性提高和节能等优势。

(2)外模具在电磁感应作用下温升速度明显提高,模具内腔表面在纵向和周向方向上温差很小,不仅克服了传统硫化工艺因硫化温度不均造成的轮胎硫化质量降低的弊端,而且大幅降低了能源消耗。

(3)通过增设电磁感应加热装置对轮辋进行热媒补充、调整安装及控制工艺尽可能降低轮辋纵向和周向温差,大大缩短了轮辋升温时间,有利于缩短轮胎硫化时间,提高轮胎硫化质量,从而改善成品轮胎的使用性能。

参考文献:

- [1] 李绪景. 实心轮胎研究分析报告[J]. 中国新技术新产品, 2011(4):232.
- [2] 常士家,何雪涛,谢鹏程,等. 电磁感应加热技术在注射机温度控制系统上的应用[J]. 塑料科技,2009,37(5):74-76.
- [3] 何建民,罗永建. 电磁感应加热在铸钢件焊补中的应用[J]. 铸造设备与工艺,2013(3):21-23.

收稿日期:2015-02-26

Study on Uniform Vulcanization Technology of Solid Tire

LIU Fei, ZHANG Jin-yun, LI Bo, DAI Kun-tian, YANG Wei-min, JIAO Zhi-wei

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The electromagnetic induction heating technology was applied in heating the external mold and rim of solid tire during vulcanization. Taking solid tire vulcanization as an example, the temperature measurement was carried out without actual load, and the uniform vulcanization technology was studied. The results showed that, the temperature of mold cavity increased rapidly, uniform temperature distribution could be achieved, and the heat efficiency was high which saved energy significantly. Under electromagnetic induction, the heating of the rim could be greatly improved. As a re-

sult, the tire curing time was reduced and the performance of the finished tire was improved.

Key words: solid tire; electromagnetic induction heating technology; uniform vulcanization

橡胶加工从智能制造突破

中图分类号: TQ330.5

文献标志码: D

美国“双反”、原材料价格波动、复合橡胶标准改变等一系列因素,正使我国橡胶行业面临巨大压力。面对国内外挑战,业内人士表示,国内橡胶企业必须从自身入手,提高产品制造效率、降低能源消耗。这既有助于提升自身竞争力,应对危机;同时也是践行《中国制造 2025》行动纲领,全面推进橡胶行业绿色化改造的现实之举。

(1)智能化生产为突破口。我国橡胶工业是在劳动密集型的模式上发展起来的,目前还有一些企业生产设备老化、自动化程度低,从而造成行业能耗高、不环保的印象。对此,中国橡胶工业协会会长邓雅俐指出,橡胶行业要以智能制造为突破口,通过互联网让机器与机器“对话”,通过信息化手段来加强企业的管理、制造、生产,包括产品全过程信息化。

要谋划工业 4.0,着力打造工业 3.0,补课工业 2.0。这就是用高新技术改造传统橡胶工业,提质增效,重点放在提高质量、自动化水平、信息化水平、环境保护和经济效益上。对于企业改造项目,要选择用工多、劳动强度大、效率低、劳动环境差的重大课题,利用新材料技术、光电一体化、机电一体化、信息化技术和工业机器人技术,突出智能制造,建立面向生产全流程、管理全方位、产品全生命周期的智能制造模式。

我国一些龙头企业、先进企业,已经在谋划和建设智能化工厂或全自动、智能化生产线,提升核心竞争力,打造绿色生产。青岛双星已经提前布局工业 4.0,启动轮胎和机械工厂环保搬迁。目前,双星绿色轮胎智能化生产示范基地和绿色轮胎智能化设备生产基地已处在全面建设阶段。建成后的双星轮胎工业 4.0 样板工厂将具有 4 个标志,即产品定制化、加工自动化、企业互联化、制造智能化。这样既能提高效率,又能大幅度减少能耗,达到智能和绿色生产的目标。

橡胶机械领先企业巨轮股份也在自动化、智能化方面下功夫。他们通过与德国 ODG(欧德

吉)合作,实现机床、机器人、控制系统等关键部件自主生产,并提供集成方案。他们研制的控制器目前可同时控制 10 台机器人进行同步、配合、各自以及单独工作,大大提高了工作效率。

(2)绿色工艺为载体。减少污染排放、进行绿色制造是行业推行的绿色轮胎生产中的重要一环。“十三五”时期轮胎行业的具体目标是,到 2020 年完全实现“两个 50%”,即至少有 1.5 亿条乘用车子午线轮胎和 4 500 万条卡客车子午线轮胎均符合绿色轮胎标准,每年节省 138 亿升燃料油,并减少二氧化碳排放 3 105 万 t。

为实现这些目标,“十三五”期间,行业将重点推广一系列绿色工艺技术。一是低温连续一次法混炼工艺。低温连续混炼不会产生不利于人体健康和环境的气体,并能提高生产效率,降低能源消耗,提高混炼胶质量。二是半成品部件多机头复合挤出工艺。由目前的两复合或三复合变成四复合甚至五复合,从而极大地降低生产成本,提高半成品质量,保证产品精度。三是帘布层和气密层的过渡层等部件电子辐射预硫化工艺,促进产品质量提高和原材料消耗降低。四是轮胎成型多鼓化,载重子午线轮胎成型将以四鼓成型机为主。五是高温充氮工艺,以提高生产效率和降低能源消耗。六是湿法混炼工艺。白炭黑通过湿法混炼工艺与天然胶乳进行共混复合制备出湿法混炼胶,显著提高白炭黑在橡胶中的分散性,同时使混炼周期缩短 1/3,并使胶料的混炼能耗降低近 50%。

邓雅俐指出,当前行业要以推进绿色轮胎为契机,全面实施《绿色轮胎技术规范》。在生产过程中,不仅要积极采用绿色材料,如天然橡胶部分代用品、天然橡胶深加工系列产品、新型溶聚丁苯橡胶、白炭黑等,以及 PEN 纤维、芳纶纤维和高强、超高强钢丝帘线和胎圈钢丝等骨架材料,同时还要重点推广一次法混炼工艺、电子辐射预硫化工艺、充氮高温硫化等节能减排先进技术,使生产过程无污染,产品质量标准达到国际先进水平,符合欧盟、美国等国家和地区的标准和法规要求。

(摘自《中国化工报》,2015-06-18)