

碳纳米管在轿车轮胎高导热硫化胶囊中的应用

贾进义, 刘 鹏, 丁全勇

(三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264200)

摘要:研究碳纳米管在轿车轮胎高导热硫化胶囊中的应用。结果表明:配方中采用6份碳纳米管等量代替部分乙炔炭黑后,胶料的综合物理性能良好,导热系数增大,生产工艺性能良好,硫化胶囊的使用次数增多,轮胎硫化时间缩短,硫化效率提高,生产成本降低。

关键词:轿车轮胎;硫化胶囊;碳纳米管;导热系数;硫化时间

中图分类号:TQ336.1;TQ330.38⁺3

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)10-0603-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.10.0603



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,轿车轮胎的硫化工艺向高温高压方向发展。轮胎硫化过程中外部模具和内部胶囊同时向胎坯传递热量,使胎坯内的橡胶发生化学反应,橡胶大分子相互交联成三维网状结构^[1-7]。在硫化过程中,硫化胶囊负责将过热水或过饱和蒸汽等硫化介质的热量从内部传递给胎坯,硫化胶囊的导热系数越大,轮胎硫化效率越高,同时硫化胶囊还需具有良好的物理性能,以保证其使用次数^[8-10]。

本工作研究碳纳米管在轿车轮胎高导热硫化胶囊中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

丁基橡胶(IIR),牌号IIR268,美国埃克森美孚公司产品;氯丁橡胶(CR),山纳合成橡胶有限责任公司产品;炭黑N330,上海卡博特化工有限公司产品;乙炔炭黑,焦作市和兴化学工业有限公司产品;碳纳米管,山东大展纳米材料有限公司产品;防护蜡RW227,江苏锐巴新材料科技有限公司产品;蓖麻油,通辽市通化蓖麻化工有限公司产品;硫化树脂SP-1045,莱茵化学(青岛)有限公司产品。

作者简介:贾进义(1981—),男,山东烟台人,三角轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎配方设计工作。

E-mail:15066309705@139.com

1.2 配方

生产配方(用量/份):IIR 100,CR 4.5,炭黑N330 31,乙炔炭黑 27,防护蜡RW227 2,蓖麻油 6,氧化锌 5.5,硫化树脂SP-1045 8.5。

试验配方:采用6份碳纳米管替代部分乙炔炭黑,其他组分和用量同生产配方。

1.3 主要设备和仪器

XM-250型密炼机和XK-660型开炼机,大连橡塑机械有限公司产品;MDR2000E型无转子硫化仪、MV2000型门尼粘度仪和T2000电子拉力机,美国阿尔法科技有限公司产品;TPS2200型导热系数仪,瑞典HOT DISK AB公司产品;GT-7017-ELU型热氧老化箱,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;Squirrel 2020型硫化测温仪,英国Grant公司产品。

1.4 混炼工艺

胶料采用两段混炼工艺,一段和二段混炼均在XM-250型密炼机中和XK-660型开炼机上进行。一段混炼初始转子转速为 $25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,压砣压力为0.8 MPa,混炼工艺为:生胶→压砣(45 s)→炭黑N330和1/3乙炔炭黑→压砣(85 s)→剩余2/3乙炔炭黑→压砣(85 s)→蓖麻油→压砣(100 s)→提压砣,保持15 s(转子转速为 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$)→压砣(100 s)→排胶(170 °C)至开炼机→持续混炼4 min→下片;二段混炼转子转速为

20 r·min⁻¹,压砷初始压力为0.7 MPa,混炼工艺为:一段混炼胶→压压砷(45 s)→碳纳米管→压压砷(60 s)→氧化锌、防护蜡RW227→压压砷(60 s,压砷压力调至0.6 MPa)→提压砷,保持15 s→压压砷(60 s)→提压砷,保持15 s→压压砷(60 s)→排胶(140 ℃)至开炼机→持续混炼至胶料温度≤105 ℃(辊筒温度为65 ℃)→2/3硫化树脂SP-1045→持续混炼3 min→剩余1/3硫化树脂SP-1045→持续混炼3 min(左、右割刀各不少于3次)→下片。

为了确保试验结果的准确性,除碳纳米管外的物料均采用相同批次,试验配方和生产配方的胶料在同班次同机台生产;胶囊硫化工艺条件相同。

1.5 性能测试

胶料各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 胶料性能

胶料性能如表1所示。

从表1可见,与生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼粘度显著提高,门尼焦烧时间缩短约1.5 min,密度相当,邵尔A型硬度、定伸应力和撕

表1 胶料性能

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[MS(1+4)100 ℃]	62	45
门尼焦烧时间 t_5 (150 ℃)/min	9.35	10.80
硫化仪数据(185 ℃)		
F_L /(dN·m)	3.91	2.76
F_{max} /(dN·m)	13.27	10.46
t_{10} /min	0.94	1.15
t_{90} /min	51.83	51.37
硫化胶性能		
密度/(Mg·m ⁻³)	1.145	1.144
邵尔A型硬度/度	69	61
100%定伸应力/MPa	2.6	1.6
300%定伸应力/MPa	5.9	4.3
拉伸强度/MPa	11.1	10.7
拉断伸长率/%	637	792
拉断永久变形/%	54	43
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)		
中位数	50	44
最大值	52	46
最小值	48	40
导热系数/[W·(m·K) ⁻¹]	0.444 2	0.334 0

注:硫化条件为185 ℃×55 min。

裂强度(最小值)明显增大,拉伸强度略有增大,拉断伸长率显著减小,拉断永久变形增大,导热系数增大约33%。综上所述,试验配方胶料的加工难度较生产配方胶料可能增大,硫化胶囊生产过程中需注意防止胶料焦烧,提高硫化机注射压力,保证胶料良好的流动性。

硫化胶囊的使用性能与胶料老化后的物理性能直接相关,老化后胶料的物理性能如表2所示。

表2 老化后胶料的物理性能

项 目	试验配方	生产配方
邵尔A型硬度/度	93	89
100%定伸应力/MPa	5.3	3.7
300%定伸应力/MPa		7
拉伸强度/MPa	7.6	7.5
拉断伸长率/%	248	344
拉断永久变形/%	31	40
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)		
中位数	49	42
最大值	50	43
最小值	46	41
导热系数/[W·(m·K) ⁻¹]	0.452 3	0.343 8

注:老化条件为185 ℃×24 h。

从表2可见,与生产配方胶料相比,老化后试验配方胶料的邵尔A型硬度、100%定伸应力和撕裂强度(最小值)增大,拉伸强度相当,拉断伸长率和拉断永久变形明显减小,导热系数增大约32%。综上所述,试验配方硫化胶囊在使用后期的永久变形更小,更不易撕裂,理论上较生产配方硫化胶囊更耐用,硫化效率也更高。

2.2 工艺性能

与生产配方胶料相比,试验配方胶料的一段混炼工艺性能相当,胶料不散碎、不脱辊,下片后胶料表面光滑;二段混炼时升温速率略大,混炼时间短,因此采用低压砷压力和转子转速混炼后,胶料下片良好。试验配方硫化胶囊制作过程中的注射压力、硫化温度、硫化时间等均与生产配方硫化胶囊相同,成品外观及断面良好,未见气泡等缺陷,生产过程工艺性能良好。

2.3 硫化效率

使用试验配方和生产配方硫化胶囊在同一工厂相同机台和班次硫化205/65R16轮胎,测试硫化胶囊上表面(轮胎上胎圈内侧)、中表面(轮胎气密

层中部表面)、下表面(轮胎下胎圈内表面)在硫化过程中的温度变化,结果分别如图1—3所示。

从图1—3可以看出,试验配方硫化胶囊上表面、中表面、下表面的起始温度较生产配方硫化胶囊高,升温快。试验配方硫化胶囊上表面、中表面

和下表面最高硫化温度分别为175,180和181℃,比生产配方硫化胶囊最高硫化温度(上表面、中表面和下表面分别为171,173和174℃)分别高4,7和7℃。在整个硫化过程中,试验配方硫化胶囊上表面、中表面和下表面的硫化温度均比生产配方硫化胶囊高。

综上所述,试验配方硫化胶囊的导热系数更大,热传导效率高,轮胎达到合适硫化程度所需硫化时间更短。根据时温等效原理计算,试验配方和生产配方硫化胶囊硫化相同硫化程度的205/65R16轮胎所需时间分别为10.8和11.4 min。可见,试验配方硫化胶囊的最佳硫化时间比生产配方硫化胶囊缩短0.6 min,硫化效率提升约5.5%。对于年产能1 000万条轮胎的工厂,若全部使用试验配方硫化胶囊硫化轮胎,轮胎年产量可提升约50万条。

2.4 使用次数

使用试验配方和生产配方硫化胶囊(各20个)在相同机台硫化185/60R15轮胎的平均使用次数分别为432和398。可见,试验配方硫化胶囊比生产配方硫化胶囊使用次数多34次,提升约8.5%。

3 结论

硫化胶囊配方中采用6份碳纳米管等量代替部分乙炔炭黑后,胶料的综合物理性能良好,导热系数增大,生产工艺性能良好,硫化胶囊的使用次数增多,轮胎硫化时间缩短,硫化效率提高,生产成本降低,能够给企业带来较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 刘清永. 高温硫化工艺的探讨及其应用[J]. 橡塑技术与装备, 2007(1): 46-50.
- [2] 刑新华. 乘用车子午胎的高温硫化[J]. 天津橡胶, 1994(1): 38-52.
- [3] 唐霞, 贺建芸, 张金云, 等. 扁平轮胎硫化工艺的有限元分析[J]. 橡胶工业, 2015, 62(11): 690-693.
- [4] 魏利萍. 基于硫化测温技术的轮胎硫化工艺改善和配方优化[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2015.
- [5] 赵冬梅. 浅析轮胎硫化工艺的优化[J]. 中国橡胶, 2010, 26(16): 37-40.
- [6] 高水锋, 曹京欧, 张明, 等. 高导热硫化胶囊在轮胎生产中的应用[J]. 轮胎工业, 2020, 40(8): 437-440.

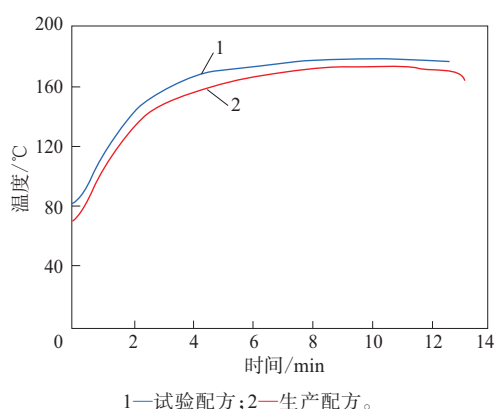


图1 硫化胶囊上表面温度变化

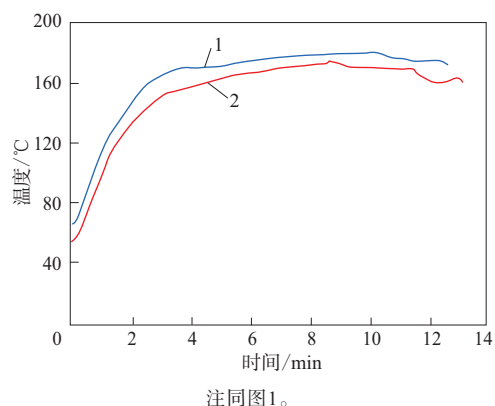


图2 硫化胶囊中表面温度变化

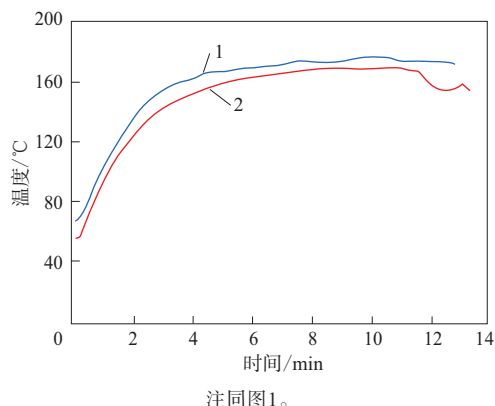


图3 硫化胶囊下表面温度变化

- [7] 阮军. 轮胎硫化胶囊寿命提升措施[J]. 化工管理, 2016(29): 273.
[8] 韩菁, 任世夺, 于国鸿, 等. 商用车子午线轮胎硫化胶囊的设计选型及使用[J]. 轮胎工业, 2020, 40(8): 499-502.
[9] 孙奇涛, 姚秀红. 半钢子午线轮胎硫化胶囊使用过程中异常损坏原因分析及解决措施[J]. 橡胶科技, 2019, 17(10): 586-588.
[10] 刘志琴, 苟发荣, 胡开放, 等. 溶液法丁基橡胶硫化胶囊的研制[J]. 橡胶工业, 2013, 60(10): 617-620.

收稿日期: 2023-05-23

Application of Carbon Nanotubes in High Thermal Conductivity Curing Bladder for Passenger Car Tire

JIA Jinyi, LIU Peng, DING Quanyong

(Triangle Tire Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The application of carbon nanotubes in high thermal conductivity curing bladder for passenger car tires was studied. The results showed that, after replacing an equal amount of acetylene carbon black with 6 phr carbon nanotubes in the formula, the comprehensive physical properties of the compound were good, the thermal conductivity coefficient increased, the production process performance was good, the usage times of curing bladder increased, the curing time of tire was shortened, the curing efficiency was improved, and the production cost was reduced.

Key words: passenger car tire; curing bladder; carbon nanotube; thermal conductivity coefficient; curing time

北橡院主办期刊《橡胶工业》被全球最大的文摘与引文数据库Scopus收录

2023年7月,《橡胶工业》(英文刊名 *China Rubber Industry*) 被荷兰文摘与引文数据库(Scopus)正式收录。

Scopus是由世界最大的学术期刊出版商——荷兰爱思唯尔(Elsevier)公司于2004年推出的科研管理、学科规划数据库。该数据是目前全球规模最大的同行评议出版物文摘和引文数据库,也是世界五大文献检索系统之一。

《橡胶工业》主办单位为北京橡胶工业研究设计院有限公司,创刊于1953年。2003年和2005年荣获第二、第三届全国期刊奖百种重点期刊,是中国期刊方阵双奖期刊。2002年、2006年、2011年和2015年荣获第五—第八届全国石油和化工行业优秀期刊一等奖,2020年和2023年入选第一届、第二届“全国石油和化工行业期刊100强排行榜”和“技术期刊50/60强排行榜”,2023年还入选“精品期刊40强排行榜”与“期刊数字化30强排行榜”,并被评为“RCCSE中国核心学术期刊”,且连年入选“中国科技核心期刊”。

在数据库和文摘杂志收录方面,《橡胶工业》

早年文摘被美国《化学文摘》(CA)和英国《橡胶和塑料文摘》(RAPRA)收录,全文被知网、万方、维普、超星数据库收录。2020年《橡胶工业》被日本科学技术振兴机构数据库(JST)收录,2022年陆续被美国《乌利希期刊指南》(Ulrichsweb)、美国全学科学术全文数据库(EBSCO)、哥白尼索引期刊数据库(ICI World of Journals)、哥白尼精选数据库(ICI Master List)收录,期刊国际知名度和学术影响力得到了进一步提升。

《中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术·2022版)》显示,《橡胶工业》学术影响力明显提升,在化学工程(TQ)类的177种统计源期刊中影响力指数(CI)上升到第22名,复合影响因子为1.986,综合影响因子为1.572,均排177种TQ类期刊的第2名。中国科学技术信息研究所发布的《2022年版中国科技期刊引证报告(核心版)自然科学卷》显示,在高聚物工程学科的12本中国科技核心期刊中,《橡胶工业》核心影响因子为0.71,学科排第5名,综合评价总分排第6名,处于橡胶领域期刊领先水平。

(本刊编辑部)