

碳纳米管在矿用斜交轮胎胎面胶中的应用

马涛¹, 邢利宁¹, 刘滨², 廖亚梅¹

(1. 威海中威橡胶有限公司, 山东 威海 264200; 2. 山东晶石大展纳米科技有限公司, 山东 淄博 255022)

摘要: 研究碳纳米管在矿用斜交轮胎胎面胶中的应用。结果表明: 胎面胶中添加碳纳米管后, 胶料的加工性能基本不变; 硫化胶的硬度、300%定伸应力、拉伸强度、撕裂强度、耐磨性能和抗切割性能均提高; 矿用斜交轮胎胎面胶中碳纳米管用量为2份时, 成品轮胎的物理性能改善, 使用寿命大幅延长。

关键词: 碳纳米管; 矿用斜交轮胎; 胎面胶; 耐磨性能; 抗切割性能; 使用寿命

中图分类号: TQ336.1; U463.341⁺.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2020)08-0479-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2020.08.0479



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

碳纳米管是一种具有结晶体管状结构、直径几纳米、空心并呈两端封闭碳原子六边形排列的一维纳米材料^[1], 凭其高热、高强度、高导电的特点成为近年来材料领域研究的热点^[2-5]。将碳纳米管应用于橡胶中得到的橡胶复合材料具有高强度、高耐磨性能、高抗撕裂性能、高导电性能和高热导率。

本工作将碳纳米管加入矿用斜交轮胎胎面胶配方中, 考察碳纳米管用量对胎面胶加工性能和物理性能的影响。

1 实验

1.1 原材料

天然橡胶(NR), STR20, 泰国产品; 丁苯橡胶(SBR), 牌号1502, 中国石化齐鲁石化公司产品; 碳纳米管, 山东晶石大展纳米科技有限公司产品; 其他材料均为正常生产的原材料。

1.2 配方

正常生产配方: NR/SBR 100, 炭黑N220 58, 氧化锌 4, 硬脂酸 3, 软化增粘剂 6, 其他 9.4。

1[#]—3[#]试验配方: 在正常生产配方的基础上分别添加1, 2和3份碳纳米管, 其他组分和用量

不变。

1.3 主要设备和仪器

GK-270型密炼机, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品; 1.5 L密炼机, 德国克虏伯公司产品; XL-160型开炼机, 青岛科技大学机械厂产品; 50 t平板硫化机, 烟台橡胶机械厂产品; DXLL-5000型电子拉力试验机, 上海登杰机械设备有限公司产品; GS-719N型邵氏硬度计, 日本得乐公司产品; 401A型老化试验机, 上海市试验仪器总厂产品; 阿克隆磨耗试验机, 山东德瑞克仪器有限公司产品; MV-3000型门尼粘度仪、M-3000A型无转子硫化仪和RH-2000N型橡胶压缩生热试验机, 中国台湾高铁检测仪器有限公司产品; RCC-1型动态耐切割试验机, 北京万汇一方科技发展有限公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料混炼采用二段混炼工艺, 一段混炼在1.5 L密炼机中进行, 转子转速为65 r·min⁻¹, 混炼工艺为: 生胶和小料→压压砣30 s→炭黑和碳纳米管→压压砣30 s→升温至110℃→芳烃油→压压砣→排胶(150℃); 二段混炼在开炼机上进行, 混炼工艺为: 一段混炼胶→硫黄和促进剂→薄通6次→混炼均匀后下片。

大配合试验胶料采用三段混炼工艺, 均在GK-270型密炼机中进行, 一段混炼转子转速为40 r·min⁻¹, 混炼工艺为: 生胶和小料→压压砣30 s→

作者简介: 马涛(1970—), 男, 山东济南人, 威海中威橡胶有限公司工程师, 学士, 主要从事斜交轮胎配方设计及技术管理工作。

E-mail: zwmt@163.com

炭黑和碳纳米管→压压砣40 s→升温至110℃→芳烃油→升温至130℃→提压砣→压压砣→排胶(150℃);二段混炼转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:一段混炼胶→压压砣30 s→提压砣→压压砣40 s→提压砣→压压砣→排胶(150℃);三段混炼转子转速为 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:二段混炼胶和硫黄、促进剂→压压砣20 s→提压砣→压压砣30 s→提压砣→压压砣→排胶(100℃)。

胶料采用平板硫化机硫化,硫化条件为 $143\text{ }^{\circ}\text{C}\times 60\text{ min}$ 。

1.5 性能测试

胶料各项性能均按照相应国家标准测定。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

2.1.1 硫化特性

小配合试验胶料的门尼粘度和硫化特性见表1。从表1可以看出:与正常生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼粘度和转矩增大;随着碳纳米管用量的增大,胶料的门尼粘度和 $F_{\max}$ 略有提高,硫化速率变化不大。由此可知,胎面胶中添加碳纳米管后,胶料的加工性能变化不大。

表1 小配合试验胶料的门尼粘度和硫化特性

项 目	试验配方编号			正常生产配方
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	
门尼粘度[ML(1+4) 100℃]	65	67	68	62
硫化仪数据(143℃)				
$F_L/(\text{dN}\cdot\text{m})$	2.48	2.59	2.65	2.33
$F_{\max}/(\text{dN}\cdot\text{m})$	16.03	16.80	17.51	15.63
t_{10}/min	9.27	9.25	9.33	9.42
t_{90}/min	34.43	35.53	36.01	35.31

2.1.2 物理性能

小配合试验硫化胶的物理性能见表2。从表2可以看出:加入碳纳米管后,硫化胶的拉伸强度、定伸应力、撕裂强度、耐磨性能和抗切割性能都得到提高;随着碳纳米管用量的增大,硫化胶的硬度、300%定伸应力、拉伸强度、撕裂强度和压缩疲劳温升基本呈增大趋势,拉断伸长率、阿克隆磨耗量、抗切割体积百分比基本呈减小趋势。

碳纳米管用量为2~3份时,硫化胶的综合物理性能提升较明显,考虑到成本因素,选取2[#]试验

表2 小配合试验硫化胶的物理性能

项 目	试验配方编号			正常生产配方
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	
邵尔A型硬度/度	66	68	69	65
300%定伸应力/MPa	8.9	9.8	10.4	8.4
拉伸强度/MPa	21.5	22.4	22.3	21.2
拉断伸长率/%	576	553	536	582
拉断永久变形/%	18	18	17	20
撕裂强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	95	103	106	92
压缩疲劳温升 ¹⁾ /℃	31.2	32.1	32.5	30.5
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.190	0.183	0.179	0.198
抗切割体积百分比 ²⁾ /%	9.36	8.47	8.23	9.82
100℃×24 h老化后				
邵尔A型硬度/度	70	72	73	70
300%定伸应力/MPa	10.5	11.3	12.1	10.3
拉伸强度/MPa	19.1	19.5	18.9	18.9
拉断伸长率/%	470	441	428	465
拉断永久变形/%	11	10	10	13

注:1)温度 55℃,冲程 4.45 mm,负荷 1 MPa;2)胶轮转速 $720\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,打击速度 $120\text{次}\cdot\text{min}^{-1}$,打击时间 20 min。

配方进行大配合试验。

2.2 大配合试验

2.2.1 硫化特性

大配合试验胶料的门尼粘度和硫化特性见表3。从表3可以看出,与正常生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼粘度增大, F_L 和 $F_{\max}$ 略有提高,硫化速率变化不大,大配合试验结果与小配合试验结果一致。

表3 大配合试验胶料的门尼粘度和硫化特性

项 目	2 [#] 试验配方	正常生产配方
门尼粘度[ML(1+4) 100℃]	65	60
硫化仪数据(143℃)		
$F_L/(\text{dN}\cdot\text{m})$	2.45	2.33
$F_{\max}/(\text{dN}\cdot\text{m})$	17.22	16.17
t_{10}/min	10.23	10.14
t_{90}/min	36.12	35.36

2.2.2 物理性能

大配合试验硫化胶的物理性能见表4。从表4可以看出:与正常生产配方硫化胶相比,试验配方硫化胶的硬度、300%定伸应力、拉伸强度、撕裂强度和压缩疲劳温升增大;拉断伸长率、阿克隆磨耗量、抗切割体积百分比减小,大配合试验结果与小配合试验结果一致。

2.3 工艺性能

采用2[#]试验配方生产14.00—25工矿系列轮胎

表4 大配合试验硫化胶的物理性能

项 目	2 [#] 试验配方	正常生产配方
邵尔A型硬度/度	69	66
300%定伸应力/MPa	9.6	8.7
拉伸强度/MPa	22.6	21.7
拉断伸长率/%	583	599
拉断永久变形/%	17	21
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	104	93
压缩疲劳温升 ¹⁾ /℃	32.3	31.3
阿克隆磨耗量/cm ³	0.181	0.191
抗切割体积百分比 ²⁾ /%	8.45	9.63
100℃×24 h老化后		
邵尔A型硬度/度	73	70
300%定伸应力/MPa	11.5	10.3
拉伸强度/MPa	19.6	18.8
拉断伸长率/%	477	494
拉断永久变形/%	11	13

注:同表2。

胎面胶时,缠绕挤出机挤出的胶条表面光滑,边缘整齐,尺寸符合工艺要求,缠绕工艺正常,硫化后的轮胎外观无质量缺陷。

2.4 成品性能

采用2[#]试验配方生产14.00—25工矿系列轮胎,并进行成品性能测试。

2.4.1 物理性能

试验成品轮胎物理性能测试结果见表5。从表5可以看出,试验成品轮胎的各项物理性能良好,满足国家标准要求。

表5 试验成品轮胎的物理性能测试结果

项 目	测试值	GB/T 1190—2018
邵尔A型硬度/度	68	≥55
拉伸强度/MPa	21.8	≥16.5
拉断伸长率/%	514	≥350
阿克隆磨耗量/cm ³	0.192	≤0.50
粘合强度/(kN·m ⁻¹)		
胎面-缓冲层	13.3	≥8.0
缓冲层间	12.2	≥7.0
缓冲层-胎体帘布层	11.5	≥6.0
胎体帘布层间(平均)	9.1	≥5.5
胎侧-胎体帘布层	8.6	≥5.5

2.4.2 实际路试

将试验轮胎和正常生产轮胎发往内蒙古某煤矿进行装车试验(试验轮胎和正常生产轮胎进行同轴并装)。结果表明,正常生产轮胎累计使用了6个月,试验轮胎累计使用了7个月,两者使用过程

中均无其他异常情况。试验轮胎使用寿命较正常生产轮胎延长了16.7%,效果显著。

正常生产轮胎和试验轮胎在使用过程中行驶面情况如图1所示。



(a) 使用1个月



(b) 使用3个月

左边为正常生产轮胎,右边为试验轮胎。

图1 正常生产轮胎和试验轮胎在使用过程中行驶面

3 结论

在矿用斜交轮胎胎面胶中添加1~3份碳纳米管后,胶料的门尼粘度增大, $F_{\max}$ 略有提高,硫化速率变化不大,加工性能基本不变;硫化胶的硬度、300%定伸应力、拉伸强度、撕裂强度、耐磨性能和抗切割性能均提高;在矿用斜交轮胎胎面胶中添加2份碳纳米管时,成品轮胎的物理性能改善,实际使用寿命大幅延长。

参考文献:

- [1] 王伟,于雅琳,李卫国,等.碳纳米管在白炭黑补强半钢子午线轮胎胎面胶中的应用[J].轮胎工业,2016,36(7):419-423.
- [2] 秦颖,赵华强,马驹,等.改性碳纳米管对三元乙丙橡胶性能的影响[J].橡胶工业,2018,65(4):426-430.
- [3] 何燕,郭昌,徐瑾,等.淤浆共混法制备碳纳米管/天然橡胶复合材料及其性能的研究[J].橡胶工业,2019,66(2):101-105.
- [4] 何燕,高江珊,徐瑾,等.多壁碳纳米管对全钢子午线轮胎胎面胶性能的影响[J].橡胶工业,2018,65(1):74-77.
- [5] 杨春影,岳鹏远,井玉,等.碳纳米管在子午线轮胎胎面胶中的应用[J].特种橡胶制品,2017,38(2):26-30.

收稿日期:2020-02-15

Application of Carbon Nanotubes in Tread Compound of Bias Tire for Mine

MA Tao¹, XING Lining¹, LIU Bin², LIAO Yamei¹

(1. Weihai Zhongwei Rubber Co., Ltd, Weihai 264200, China; 2. Shandong General Nanomaterial Co., Ltd, Zibo 255022, China)

Abstract: The application of carbon nanotubes in the tread compound of bias tire for mine was studied. The results showed that, the processability of the compound was basically unchanged with addition of carbon nanotubes, and the hardness, modulus at 300% elongation, tensile strength, tear strength, wear resistance and cutting resistance of the vulcanizate were improved. When the dosage of carbon nanotube was 2 phr, the physical properties of the finished tire were improved and the service life was prolonged.

Key words: carbon nanotube; bias tire for mine; tread compound; wear resistance; cutting resistance; service life

金宇轮胎越南工厂开工

日前,金宇轮胎集团有限公司(简称金宇轮胎)年产200万条全钢子午线轮胎项目在越南西贡省福东工业园奠基。

金宇轮胎越南项目代表李红云表示,一期项目建成后将进一步扩大金宇轮胎全球产能布局,促进海外市场业务拓展,增强国际竞争力,从而更好地满足海外客户需求。

金宇(越南)轮胎有限公司负责人表示,该工厂将采用轮胎行业领先的设计理念,按照工厂数字化、智能化、精益化的总体目标规划设计,采用物联网、大数据、全自动机器人、全自动高架立体仓库等先进技术,实现仓储、物流等功能的无人化、自动化和智能化,开发高性能轮胎产品。项目建成后将拉动当地经济发展,促进就业,推动技术进步,并进一步加深中越双方合作。

(摘自《中国化工报》,2020-06-22)

米其林中国研发中心举行20周年庆典

近日,米其林中国轮胎研究开发中心在上海

举行了20周年庆典。米其林大中华区总裁、首席执行官伟书杰表示,中国对高质量发展的要求和良好的营商环境让米其林更加坚信,创新能够为行业和社会的发展注入更多动能,能够助力中国社会高质量发展。

为了推动交通运输业的可持续发展,米其林在轮胎产品、服务和解决方案、高科技材料、出行体验等多个领域不断创新,为消费者提供更加安全、智慧、绿色和愉悦的出行。

伟书杰表示,米其林依托全球研发网络资源,结合中国市场的特点开展研发工作,满足了本地消费者和客户的多样化需求。米其林中国研发团队每年都进行原材料测试、轮胎测试、分析试验和统计检测等多项工作,并重点参与原型轮胎性能分析、乘用车轮胎设计、高科技材料研发等工作。

未来,米其林中国研发中心将持续创新,为当地合作伙伴和客户提供支持,积极推动中国交通运输业的可持续发展。

(摘自《中国化工报》,2020-06-29)