

高强度再生橡胶在工程机械斜交轮胎胎面基部胶中的应用

周 静,宋文涛,王 洁,刘豫皖

(风神轮胎股份有限公司,河南 焦作 454003)

摘要:研究高强度再生橡胶在工程机械斜交轮胎胎面基部胶中的应用。结果表明,添加10份高强度再生橡胶,同时相应地调整补强体系,胶料的抗撕裂性能明显提高,动态压缩生热降低,其他性能变化不大,满足胎面基部胶的性能要求,且胶料成本降低。

关键词:高强度再生橡胶;工程机械斜交轮胎;胎面基部胶

中图分类号:TQ335

文章编号:2095-5448(2023)07-0334-04

文献标志码:A

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2023.07.0334



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,废旧轮胎造成的“黑色污染”已成为全球性环保难题^[1]。废旧轮胎作为一种再生资源,对其综合利用不仅可以减少污染,而且可以降低我国对橡胶和化石资源的依赖^[2-5]。再生橡胶是废旧轮胎和橡胶制品经破碎、去除杂质(纤维和金属等),再经物理化学处理使橡胶中碳-硫键和硫-硫键断裂,消除弹性而变成具有塑性和粘性、能够再硫化的橡胶^[6]。再生橡胶可重新循环利用到轮胎生产中,有效降低原材料成本,但是出于对轮胎安全性的考虑,轮胎企业对再生橡胶的应用一直比较谨慎。然而,作为轮胎生产大国,我国只有真正践行“绿色、低碳、循环发展”的新理念,才能助力早日实现碳达峰、碳中和的目标。

本工作选用主要来源于工程机械轮胎胎面胶的高强度再生橡胶,研究其在工程机械斜交轮胎胎面基部胶中的应用。

1 实验

1.1 原材料

天然橡胶(NR),STR20,泰国产品;炭黑

作者简介:周静(1989—),女,陕西咸阳人,风神轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事载重轮胎和工程机械轮胎配方设计工作。

E-mail:zhoujing@rubber.chemchina.com

N326,龙星化工股份有限公司产品;白炭黑,青岛联科新材料有限公司产品;高强度再生橡胶,河南新艾卡橡胶工业有限公司产品。

1.2 配方

配方如表1所示。其中1[#]配方为生产配方,2[#]—5[#]配方为试验配方。

表1 配方

组 分	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
NR	100	100	100	100	100
高强度再生橡胶	0	5	10	15	10
炭黑N326	50	50	50	50	45
白炭黑	0	0	0	0	5

注:配方其余组分及用量为氧化锌 5,其他 20.5。

1.3 主要设备和仪器

BR1.6L型密炼机,美国法雷尔公司产品;GK400型密炼机,德国克虏伯公司产品;GK255型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;XK-160型开炼机,广东湛江机械厂产品;140T型平板硫化机,上海橡胶机械一厂有限公司产品;MDR2000型硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;TGA/DSC1型热重分析仪,瑞士梅特勒-托利多公司产品;tensiTECH型电子拉力机,美国德宝

公司产品;橡胶压缩生热试验机,北京澳玛琦科技发展有限公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料采用两段混炼工艺。一段混炼在BR1.6L型密炼机中进行,混炼工艺为:生胶,加压1 min→提压砣→炭黑和小料,加压3 min→提压砣,加压2 min→排胶。二段混炼在开炼机上进行,混炼工艺为:一段混炼胶→硫黄和促进剂等→捣胶,下片。

大配合试验胶料采用两段混炼工艺,一段和二段混炼分别在GK400型和GK255型密炼机中进行。一段混炼转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砣压力为18 MPa,混炼工艺为:生胶→提压砣→炭黑、氧化锌和防老剂等→提压砣→排胶($150\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$)。二段混炼转子转速为 $25\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砣压力为18 MPa,混炼工艺为:一段混炼胶→硫黄和促进剂→压压砣→提压砣→排胶($100\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

胶料在平板硫化机上硫化,硫化条件为 $140\text{ }^{\circ}\text{C}\times 90\text{ min}$ 。

1.5 性能测试

胶料各项性能均按照相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 理化性能

高强度再生橡胶的理化性能见表2。

表2 高强度再生橡胶的理化性能

项 目	实测值	GB/T 13460—2016指标
门尼粘度[ML(1+4) 100 $^{\circ}\text{C}$]	43	≤ 95
灰分质量分数(800 $^{\circ}\text{C}\times 2\text{ h}$)/%	5.95	≤ 10.0
丙酮抽出物质量分数/%	17.8	≤ 19.0
密度/($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	1.070	≤ 1.180
硫化胶性能 ¹⁾		
拉伸强度/MPa	12.2	≥ 12.0
拉伸伸长率/%	424	≥ 400

注:1)基本配方为高强度再生橡胶 100,氧化锌 2.5,硫黄 1.5,促进剂MBT 0.9。

从表2可以看出,高强度再生橡胶的理化性能达到GB/T 13460—2016对胎面再生橡胶的要求。

采用热重分析仪按照GB/T 14837.1—2014测试高强度再生橡胶的组分,结果见表3。

表3 高强度再生橡胶与胎面基部胶的组分对比 %

项 目	高强度再生橡胶	胎面基部胶
有机物质量分数	68.2	68.7
炭黑质量分数	26.7	28.5
其他无机物质量分数	5.1	2.8

从表3可以看出,与正常生产用胎面基部胶相比,高强度再生橡胶的有机物含量相近,炭黑含量略低,其他无机物含量偏高。

2.2 小配合试验

2.2.1 硫化特性

小配合试验胶料的硫化特性见表4。

表4 小配合试验胶料的硫化特性

项 目	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
门尼粘度[ML(1+4) 100 $^{\circ}\text{C}$]	52	55	56	57	58
门尼焦烧时间 t_5 (130 $^{\circ}\text{C}$)/min	22.25	21.04	20.65	20.10	23.50
硫化仪数据(140 $^{\circ}\text{C}$)					
F_L /(dN·m)	2.07	2.35	2.45	2.52	2.55
$F_{\max}$ /(dN·m)	16.70	16.79	16.14	16.03	16.78
$F_1^{1)}$ /(dN·m)	16.13	16.05	15.59	15.30	14.80
抗硫化返原率 ²⁾ /%	96.6	95.6	96.6	95.5	93.9
t_{10} /min	15.83	15.86	14.85	13.98	16.09
t_{50} /min	20.45	20.57	19.37	19.18	20.99
t_{90} /min	33.50	34.39	33.79	32.17	34.38

注:1)硫化结束时转矩;2) $F_L/F_{\max}\times 100\%$ 。

从表4可以看出,随着高强度再生橡胶用量的增大,2[#]—4[#]配方胶料的门尼粘度逐渐增大, $F_{\max}$ 降低,焦烧时间缩短,硫化速度加快,抗硫化返原率差异不大。分析认为,废旧橡胶在热、剪切力、脱硫剂等的作用下,橡胶分子主链发生一定程度的氧化和断裂,高强度再生橡胶的相对分子质量明显减小,同时高强度再生橡胶中存在少量杂质(纤维和金属等),导致胶料 $F_{\max}$ 降低,门尼粘度增大。

从表4还可以看出,5[#]配方胶料的 $F_{\max}$ 比1[#]配方胶料略高但差异很小,门尼粘度明显增大, t_{90} 延长。这与白炭黑的加入有关,白炭黑胶料的 $F_{\max}$ 一般高于炭黑胶料,而且白炭黑会吸附少量促进剂导致胶料的硫化速度变慢。

2.2.2 物理性能

小配合试验胶料的物理性能见表5。

从表5可以看出:随着高强度再生橡胶用量的增大,2[#]—4[#]配方胶料的撕裂强度逐渐提高,硬

表5 小配合试验胶料的物理性能

项 目	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
邵尔A型硬度/度	63	62	62	61	63
100%定伸应力/MPa	2.4	2.3	2.1	1.9	2.4
300%定伸应力/MPa	10.7	10.6	9.3	8.4	10.7
拉伸强度/MPa	25.6	25.0	24.3	22.4	23.8
拉断伸长率/%	556	555	593	587	550
拉断永久变形/%	18	20	20	23	20
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	109	107	112	120	114
回弹值/%	31	30	29	28	32
压缩疲劳性能 ¹⁾					
温升/℃	24.9	26.4	28.0	29.2	24.0
永久变形/%	2.2	2.3	2.4	2.6	2.3
100℃×48 h热老化后					
100%定伸应力/MPa	3.1	2.9	2.9	2.8	2.8
300%定伸应力/MPa	12.9	11.8	11.7	11.1	12.0
拉伸强度/MPa	21.1	20.3	19.9	18.9	20.7
拉断伸长率/%	454	478	478	447	477
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	77	76	80	81	80
10万次屈挠疲劳后					
100%定伸应力/MPa	2.4	2.3	2.1	2.0	2.3
300%定伸应力/MPa	12.2	11.3	10.3	10.1	11.8
拉伸强度/MPa	23.1	22.6	20.4	19.1	21.1
拉断伸长率/%	476	499	486	488	497

注:1)冲程 4.45 mm,负荷 1 MPa,温度 55℃。

度、热老化以及屈挠疲劳前后的定伸应力、拉伸强度和回弹值均逐渐降低,压缩生热明显增大;与1[#]配方胶料相比,3[#]和4[#]配方胶料因高强度再生橡胶用量较大,硬度、定伸应力、拉伸强度和回弹值下降幅度较大。分析认为有两方面原因:一方面,高强度再生橡胶相对分子质量小,导致胶料的硬度、定伸应力和拉伸强度降低;另一方面,本工作采用的高强度再生橡胶主要来源于工程机械轮胎胎面胶,该胎面胶常用的炭黑结构度高、粒径小,导致胶料生热高,同时抗撕裂性能较好。

从表5还可以看出,与1[#]配方胶料相比,5[#]配方胶料的抗撕裂性能提高,压缩生热略低,硬度、定伸应力、拉伸强度和回弹值均相差不大。这主要与白炭黑的加入有关,因为与炭黑相比,白炭黑会使胶料生热降低,硬度和定伸应力提高。

2.3 大配合试验

综合小配合试验结果,选择1[#]和5[#]配方进行大配合试验。

2.3.1 硫化特性

大配合试验胶料的硫化特性见表6。

表6 大配合试验胶料的硫化特性

项 目	1 [#] 配方	5 [#] 配方
门尼粘度[ML(1+4) 100℃]	57	63
门尼焦烧时间 t_5 (130℃)/min	19.36	21.50
硫化仪数据(140℃)		
F_L /(dN·m)	2.28	2.85
F_{max} /(dN·m)	16.92	17.07
$F_1^{(1)}$ /(dN·m)	16.73	16.17
抗硫化返原率 ²⁾ /%	98.9	94.7
t_{10} /min	13.53	14.80
t_{50} /min	18.55	19.73
t_{90} /min	31.13	32.57

注:同表4。

从表6可以看出,与1[#]配方胶料相比,5[#]配方胶料的门尼粘度和 F_L 较高,但能够满足工艺技术要求,其他硫化特性参数变化规律与小配合试验一致,且差异不大。

2.3.2 物理性能

大配合试验胶料的物理性能见表7。

从表7可以看出,与1[#]配方胶料相比,5[#]配方胶料的抗撕裂性能较好,压缩生热较低,硬度、定伸应力和拉伸强度等差异不大,即添加10份高强度再生橡胶且使用5份白炭黑等量代替炭黑N326的

表7 大配合试验胶料的物理性能

项 目	1 [#] 配方	5 [#] 配方
邵尔A型硬度/度	62	63
100%定伸应力/MPa	2.2	2.2
300%定伸应力/MPa	10.3	10.6
拉伸强度/MPa	25.3	23.5
拉断伸长率/%	558	530
拉断永久变形/%	17	18
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	112	121
回弹值/%	31	32
压缩疲劳性能 ¹⁾		
温升/℃	25.3	24.7
永久变形/%	2.1	2.2
100℃×48 h热老化后		
100%定伸应力/MPa	3.0	2.9
300%定伸应力/MPa	12.7	12.4
拉伸强度/MPa	22.1	21.0
拉断伸长率/%	467	483
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	78	85
10万次屈挠疲劳后		
100%定伸应力/MPa	2.4	2.5
300%定伸应力/MPa	12.1	12.6
拉伸强度/MPa	24.1	23.0
拉断伸长率/%	487	515

注:同表5。

胶料性能可以满足工程机械斜交轮胎胎面基部胶的性能要求。

2.4 成本分析

在工程机械斜交轮胎胎面基部胶配方中添加10份高强度再生橡胶并调整补强体系后,每千克胶料成本降低约0.43元。以年产10万条23.5-25装载机用工程机械斜交轮胎计,每年可节约成本约133万元。更重要的是,在胎面基部胶中加入轮胎胎面再生橡胶实现了对废旧轮胎的循环利用,有利于环保,社会效益明显提高。

3 结论

在工程机械斜交轮胎胎面基部胶配方中加入高强度再生橡胶,同时相应地调整补强体系,胶料的抗撕裂性能明显提高,动态压缩生热降低,其他

性能变化不大,满足胎面基部胶的性能要求,胶料成本降低,具有一定的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 胡国华,张一帆,张立群. 废橡胶裂解研究进展[J]. 高分子通报, 2017,224(12):4-16.
- [2] 巩雨注,王小萍,贾德民. 废旧轮胎粉碎技术及其应用进展[J]. 橡胶工业,2021,68(1):66-72.
- [3] 唐武,金小华. 废旧轮胎综合处置技术的现状与发展方向[J]. 中国轮胎资源综合利用,2022,303(9):45-48.
- [4] 王静,黄义钢,王越,等. 废旧轮胎热裂解炭黑在全钢载重子午线轮胎内衬层胶中的应用[J]. 轮胎工业,2019,39(1):30-33.
- [5] 程贤甦,宋秋生,姚玉田. 废旧轮胎再生橡胶的氯化改性及其研究进展[J]. 橡胶科技,2020,18(5):245-249.
- [6] 林广义,汪传生,张功杰. 废旧橡胶再生方法的研究现状及发展趋势[C]. 第15届中国轮胎技术研讨会论文集. 北京:中国化工学会橡胶专业委员会,2008:113-118.

收稿日期:2023-02-10

Application of High Strength Recycled Rubber in Tread Base Compound of Off-The-Road Bias Tire

ZHOU Jing, SONG Wentao, WANG Jie, LIU Yuwan

(Aeolus Tyre Co., Ltd, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: The application of high strength recycled rubber in the tread base compound of off-the-road bias tire was studied. The results showed that when 10 phr high strength recycled rubber was added and the reinforcement system was adjusted accordingly, the tear resistance of the compound was significantly improved, the dynamic compression heat build-up decreased, and other properties changed little, which met the performance requirements of tread base compound, and the compound cost was reduced.

Key words: high strength recycled rubber; off-the-road bias tire; tread base compound

索尔维推出全氟合成橡胶产品线

日前,索尔维集团(简称索尔维)推出全氟合成橡胶全新产品线,进一步拓宽公司面向严苛条件的专业产品组合。

与其他弹性体材料相比,全氟合成橡胶产品具有良好的耐化学介质性能和耐高温性能。据悉,索尔维的新型Tecnoflon SHP产品能够将全氟合成橡胶的通用性能与专为严苛应用环境量身打造的独特属性相结合。各个牌号均可满足多项极端要求,对石油和天然气、化工行业中使用的流体和化学品具有更为出色的耐受性,还可以为需要

承受极高压力的组件提供机械强度和弹性。新型Tecnoflon SHP产品的典型应用案例包括O形圈、垫片和法兰。Tecnoflon SHP密封制品能够在最严苛的操作条件下提高安全性并改善耐用性,从而在较难维护的勘探和炼油设备中实现“永久密封”的目标。

索尔维表示,新型Tecnoflon SHP产品能够帮助化工行业显著优化流程设计并改进自动化方面的复杂工艺,在各种高要求和低频次维护的领域具有广阔的应用空间。

(摘自《中国化工报》,2023-05-29)