

高结合苯乙烯含量丁苯橡胶1586在矿用全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

李培生¹, 孙保泉², 陈建军¹, 薛彬彬¹

[1. 山东华盛橡胶有限公司, 山东 东营 257300; 2. 启润轮胎(德州)有限公司, 山东 德州 253699]

摘要: 研究高结合苯乙烯含量丁苯橡胶(SBR) 1586在矿用全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用, 并与SBR1502对比。结果表明: SBR1586的结合苯乙烯含量明显大于SBR1502, 与NR的相容性更好; 在矿用全钢子午线轮胎胎面胶中用SBR1586等量替代SBR1502, 混炼胶的门尼粘度降低, 焦烧时间相当或延长, 炭黑分散等级提高, 加工性能和加工安全性改善; 硫化胶的耐磨、抗切割、抗刺扎、耐热老化和耐臭氧老化性能提高, 压缩疲劳温升降低, 抗湿滑性能和干地抓着性能提高, 滚动阻力略大, 但在可接受范围内。

关键词: 结合苯乙烯含量; 乳聚丁苯橡胶; SBR1586; 矿用全钢载重子午线轮胎; 动态力学性能

中图分类号: TQ333.1; TQ336.1

文章编号: 2095-5448(2023)08-0378-04

文献标志码: A

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2023.08.0378



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着全球采矿业新一轮崛起, 作为矿山机械最大消耗品之一, 矿用全钢载重子午线轮胎(以下简称矿用TBR)市场需求非常强劲^[1-3]。由于矿山路况、温度、车辆负载等因素严重影响轮胎的寿命与使用状况, 从而影响车辆的行驶安全与驾驶成本^[4-6], 因此, 矿用TBR需具有高耐磨性能、强载重能力、抗撕裂和长使用寿命的特点。

高结合苯乙烯含量丁苯橡胶(SBR) 1586是中国石油兰州石化公司通过结构调整和性能提升开发的抗切割、抗刺扎矿用TBR专用乳聚SBR。与SBR1502相比, SBR1586制备的轮胎具有良好的耐磨和抗撕裂性能, 使用寿命延长。

本工作研究SBR1586在矿用TBR胎面胶中的应用, 并与SBR1502对比, 为高性能矿用轮胎的研发提供参考。

1 实验

1.1 主要原材料

SBR1586, 中国石油兰州石化公司合成橡

作者简介: 李培生(1986—), 男, 山东东营人, 山东华盛橡胶有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎配方设计工作。

E-mail: 249026500@qq.com

胶厂产品; SBR1502, 中国石化齐鲁石化分公司产品; 天然橡胶(NR), STR20, 泰国产品; 炭黑N115和N220, 卡博特化工有限公司产品; 白炭黑975MP, 山东联科新材料股份有限公司产品; 氧化锌, 潍坊奥龙锌业有限公司产品; 硬脂酸, 南通凯塔有限公司产品; 防老剂4020和RD, 山东尚舜化工有限公司产品; 环保塑解剂GE2258, 莱茵化学(青岛)有限公司产品; 抗撕裂剂CSR300, 上海麒祥新材料科技有限公司产品。

1.2 配方

矿用TBR胎面胶配方如表1所示。1[#]和3[#]配方为采用SBR1502的生产配方, 2[#]和4[#]配方为采用SBR1586的试验配方。

1.3 主要设备和仪器

GK400型和GK255型密炼机, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品; MV2000型门尼粘度仪、MDR2000型无转子硫化仪、RPA2000橡胶加工分析(RPA)仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; XL-800×800×2型平板硫化机, 青岛光越橡胶机械制造有限公司产品; GT-TCS-2000型电子拉力机、GT-RH-2000型压缩生热试验机和GT-7012-D型

表1 矿用TBR胎面胶配方 份

组 分	1 [#] 配方	2 [#] 配方	3 [#] 配方	4 [#] 配方
SBR1502	20	0	100	0
SBR1586	0	20	0	100
NR	80	80	0	0
炭黑N115	45	45	0	0
炭黑N220	0	0	55	55
硫黄	1.1	1.1	1.5	1.5
促进剂TBBS	1.35	1.35	1.1	1.1
促进剂DM	0	0	1.1	1.1
其他 ¹⁾	25.5	25.5	39.7	39.7

注:1)白炭黑、氧化锌、硬脂酸、防老剂RD和4020等。

DIN磨耗试验机,高铁检测仪器(东莞)有限公司产品;TD-6009型阿克隆磨耗试验机,江都市腾达试验仪器厂产品;TD-401A型热老化试验机,江都市腾达试验仪器厂产品;动态热机械分析(DMA)仪,法国Metravib公司产品;GT-7005-RO3型耐臭氧试验机,青岛高特威尔检测仪器有限公司产品;LC-20A型高效液相色谱仪,日本岛津公司产品。

1.4 试样制备

胶料分4段混炼,前3段混炼在GK400型密炼机中进行,终炼在GK255型密炼机中进行。各段混炼胶停放时间不少于4 h。

一段混炼工艺为:初始转子转速为50 r·min⁻¹,生胶和小料→压压砣35 s→转子转速降为45 r·min⁻¹→炭黑→压压砣40 s→提压砣→压压砣30 s→排胶。二段混炼工艺为:初始转子转速为40 r·min⁻¹,一段混炼胶和白炭黑→压压砣→转子转速降为35 r·min⁻¹→提压砣35 s→排胶。三段混炼工艺为:初始转子转速为45 r·min⁻¹,二段混炼胶→压压砣30 s→提压砣→压压砣25 s→提压砣→压压砣25 s→排胶。终炼混炼工艺为:初始转子转速为30 r·min⁻¹,三段混炼胶、硫黄和促进剂→压压砣35 s→提压砣→压压砣30 s→提压砣→压压砣35 s→排胶。

终炼胶在平板硫化机上硫化,硫化条件为151℃×30 min,胶料停放12 h以上再进行性能测试。

1.5 性能测试

胶料的动态力学性能按照企业标准用RPA应变扫描(温度为60℃,频率为10 Hz)测试。

胶料其他性能测试均按照相应国家标准或行业标准进行。

2 结果与讨论

2.1 理化性能

SBR1586的理化性能如表2所示。

表2 SBR1586的理化性能

项 目	检测值	企业标准
挥发分质量分数/%	0.27	≤0.60
灰分质量分数/%	0.13	≤0.50
有机酸质量分数/%	5.36	5.00~7.25
结合苯乙烯质量分数/%	40.1	38.5~41.5
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	58	55~65
硫化胶性能(145℃×35 min)		
300%定伸应力/MPa	20	15.6~21.1
拉伸强度/MPa	27.3	≥22.5
拉伸伸长率/%	420	≥400

从表2可以看出,SBR1586的理化性能符合企业标准要求,其结合苯乙烯质量分数明显大于SBR1502(23.5%),与NR的相容性更好。

2.2 硫化特性

混炼胶的硫化特性及炭黑分散等级见表3。

表3 混炼胶的硫化特性及炭黑分散等级

项 目	1 [#] 配方	2 [#] 配方	3 [#] 配方	4 [#] 配方
门尼粘度[ML(1+4)125℃]	52	50	43	40
门尼焦烧时间 _{t₅} (125℃)/min	33	32	25	32
硫化仪数据(185℃)				
F_L /(dN·m)	1.5	1.5	1.4	1.4
F_{max} /(dN·m)	11.4	11.2	10.8	11.0
$F_{max}-F_L$ /(dN·m)	9.9	9.7	9.4	9.6
t_{10} /min	6.0	5.9	5.0	5.9
t_{90} /min	17.0	17.9	21.8	23.1
$t_{90}-t_{10}$ /min	11.0	12.0	16.8	17.2
炭黑分散等级	6	7	5	7

从表3可以看出,与1[#]和3[#]配方胶料分别相比,2[#]和4[#]配方胶料的门尼粘度降低、门尼焦烧时间基本相当或延长,硫化特性无明显差异,炭黑分散等级提高。这表明与SBR1502相比,SBR1586的加工性能和加工安全性更好,与炭黑之间的结合胶更多,炭黑在混炼胶中的分散性更好。

2.3 物理性能

硫化胶的物理性能如表4所示。

从表4可以看出,与1[#]和3[#]配方胶料分别相比,2[#]和4[#]配方胶料的撕裂强度和回弹值提高,压缩疲劳温升和压缩永久变形降低,耐磨性能、耐热老化性能和耐臭氧老化性能提高。

表4 硫化胶的物理性能

项 目	1#配方	2#配方	3#配方	4#配方
邵尔A型硬度/度	64	65	67	70
100%定伸应力/MPa	1.7	2.0	2.0	2.5
300%定伸应力/MPa	7.4	7.8	7.3	7.7
拉伸强度/MPa	27.4	27.6	22.9	25.2
拉断伸长率/%	680	691	678	681
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	79	90	59	68
阿克隆磨耗量/cm ³	0.43	0.37	0.12	0.10
DIN磨耗量/cm ³	0.15	0.13	0.11	0.09
回弹值/%	39	40	29	35
压缩疲劳性能 ¹⁾				
温升/℃	57	55	61	59
永久变形/%	33	30	27	25
100℃×48h热空气老化后				
100%定伸应力/MPa	2.4	2.5	4.4	4.7
300%定伸应力/MPa	11.2	12.0	13.7	14.1
拉伸强度/MPa	24.3	26.3	21.4	23.2
拉断伸长率/%	561	587	451	481
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	62	64	67	66
阿克隆磨耗量/cm ³	0.51	0.44	0.23	0.17
DIN磨耗量/cm ³	0.16	0.15	0.19	0.13
臭氧老化裂口等级 ²⁾	2c	2b	2b	1b

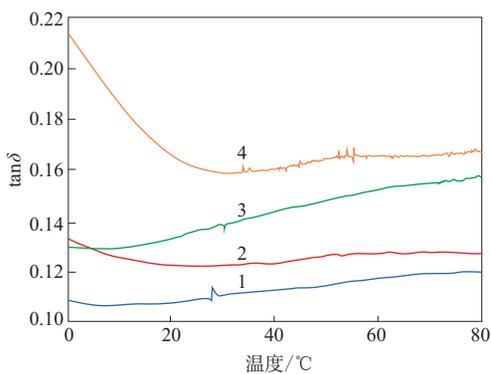
注:1)冲程 4.45 mm,负荷 1 MPa,频率 30 Hz,温度 55℃;2)按照GB/T 11206—2009,龟裂宽度从大到小等级顺序为4,3,2,1;龟裂密度从大到小等级顺序为c,b,a。

2.4 滞后损失

一般而言,0℃时的损耗因子(tanδ)表征胶料的抗湿滑性能,数值越大,抗湿滑性能越好;20℃时的tanδ表征胶料的干地抓着性能,数值越大,干地抓着性能越好;60℃时的tanδ表征胶料的滚动阻力,数值越小,滚动阻力越低。

用DMA仪测试的矿用TBR胎面胶硫化胶的tanδ-温度曲线如图1所示。

从图1可知,与1#和3#配方胶料分别相比,2#和



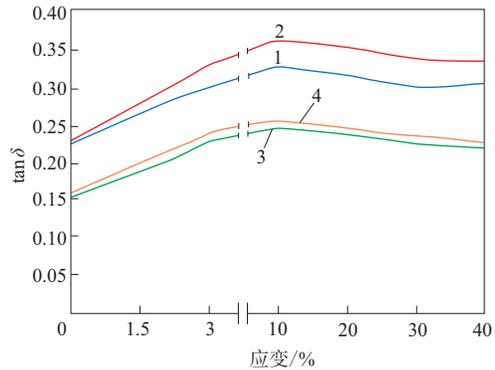
1—1#配方;2—2#配方;3—3#配方;4—4#配方。

图1 硫化胶的tanδ-温度曲线

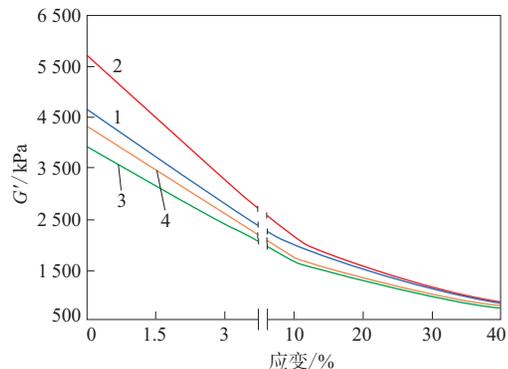
4#配方胶料0,20和60℃时的tanδ明显较大。可以看出,与SBR1502胶料相比,SBR1586胶料的抗湿滑性能和干地抓着性能明显提高,滚动阻力略大,但可接受。

2.5 动态力学性能

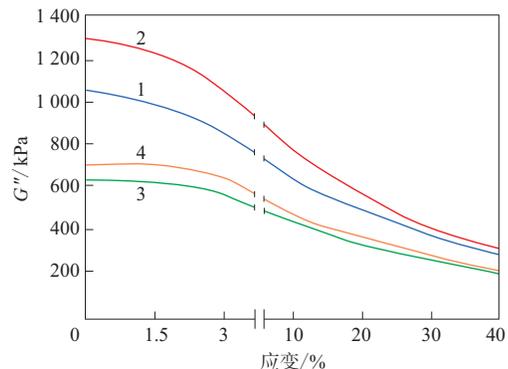
用RPA仪对硫化胶进行应变扫描,分别测试tanδ、弹性模量(G')和粘性模量(G'')与应变的关系,结果见图2。



(a) tanδ-应变曲线



(b) G'-应变曲线



(c) G''-应变曲线

注同图1。

图2 硫化胶的RPA应变扫描曲线

由图2可知,2[#]和4[#]配方胶料的 $\tan\delta$, G' 和 G'' 均分别高于1[#]和3[#]配方胶料,说明采用SBR1586的硫化胶弹性应变能的转变更加困难,有利于提高胶料的抗切割和抗刺扎性能。分析认为,SBR1586的结合苯乙烯质量分数大,其苯环分子内单键不易旋转,胶料刚性提高,键难以断裂,有利于提高抗切割性能。

3 结论

(1) SBR1586的结合苯乙烯质量分数明显大于SBR1502,与NR的相容性更好。

(2) 在矿用TBR胎面胶中用SBR1586等量替代SBR1502,混炼胶的门尼粘度降低,焦烧时间相当或延长,硫化特性无明显差异,炭黑分散等级提高,加工性能和加工安全性改善,硫化胶的回弹值、撕裂强度、耐磨、抗切割、抗刺扎、耐热老化和

耐臭氧老化性能提高,压缩疲劳温升降低,抗湿滑性能和干地抓着性能提高,滚动阻力略大,但在可接受范围内。

参考文献:

- [1] 曲信松. 填充国产环保型芳烃油的SBR1723与普通充油SBR1712性能对比[J]. 石油化工, 2022, 51(5): 555-560.
- [2] 许敏. 矿山胎面胶配方的研制及优化设计[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2021.
- [3] 鲁文平. 丁苯橡胶复合材料应用研究进展[J]. 橡胶科技, 2021, 19(4): 161-163.
- [4] 胡保利, 吕万树, 王雪, 等. 充环烷油溶聚丁苯橡胶的实用配合研究[J]. 橡胶工业, 2021, 68(5): 323-331.
- [5] 王伟. 低滚阻轮胎橡胶材料的制备与性能研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2020.
- [6] 张铁柱, 张志强, 周志峰. 稀土顺丁橡胶/丁苯橡胶并用对半钢子午线轮胎胎面胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2020, 67(6): 439-442.

收稿日期: 2023-04-08

Application of SBR1586 with High Bound Styrene Content in Tread Compound of All-steel Truck and Bus Radial Tire for Mining

LI Peisheng¹, SUN Baoquan², CHEN Jianjun¹, XUE Binbin¹

[1. Shandong Huasheng Rubber Co., Ltd, Dongying 257300, China; 2. Keerun Tire (Dezhou) Co., Ltd, Dezhou 253699, China]

Abstract: The application of SBR1586 which had high bound styrene content in the tread compound of all-steel truck and bus radial tire for mining was studied and compared with SBR1502. The results showed that the bound styrene content of SBR1586 was significantly greater than that of SBR1502, and the compatibility of SBR1586 with NR was better. Using SBR1586 as an equivalent substitute for SBR1502 in the tread compound of all-steel truck and bus radial tires for mining, the Mooney viscosity of the compound decreased, the scorch time was equivalent or prolonged, the carbon black dispersion level increased, and the processability and processing safety were improved. The wear resistance, cutting resistance, puncture resistance, heat aging resistance, ozone aging resistance of the vulcanizates were improved, the compression fatigue temperature rise was reduced, wet skid resistance and dry grip performance were improved, and rolling resistance increased slightly, but within an acceptable range.

Key words: bound styrene content; ESBR; SBR1586; all-steel truck and bus radial tire for mining; dynamic mechanical property

欢迎关注微信公众号“橡胶工业传媒”
免费在线阅读最新6期电子刊