

偶联剂SUMILINK®200在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

刘峰, 孙涛, 王俊英, 周宝珍, 王书磊, 邢涛, 陈雪梅

(山东玲珑轮胎股份有限公司, 山东 招远 265400)

摘要: 研究偶联剂SUMILINK®200在全钢载重子午线轮胎天然橡胶/炭黑胎面胶中的应用。结果表明: 在胎面胶中添加偶联剂SUMILINK®200后, 胶料的门尼粘度增大, 硫化胶的物理性能变化不大, 60℃时的损耗因子明显减小, 动态生热降低; 偶联剂SUMILINK®200用量为1.5份时, 成品轮胎的滚动阻力系数减小4.2%。

关键词: 全钢载重子午线轮胎; 胎面胶; 偶联剂; 炭黑; 动态力学性能; 滚动阻力

中图分类号: TQ330.38⁺7; U463.341⁺.3/.6

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2021)06-0377-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.06.0377



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

炭黑和白炭黑是轮胎行业最常用的两种补强填料。炭黑补强胶料的拉伸强度、定伸应力和耐磨性能等均优于白炭黑补强胶料, 而白炭黑加硅烷偶联剂补强胶料的生热和滚动阻力更低^[1-2], 也可以采用两者并用的方式优化轮胎胎面胶的性能^[3-6]。

近年来, 随着人们对温室气体排放造成的环境问题的日益重视, 以及各国法律法规陆续对节能减排做出要求, 各轮胎企业逐渐加强白炭黑替代炭黑的应用研究, 大力发展绿色轮胎产业, 并实现了较好的经济效益。然而, 应用白炭黑替代炭黑在提高轮胎燃油经济性、减少二氧化碳排放的同时, 会严重损害轮胎的耐磨性能, 尤其是全天然橡胶(NR)全钢载重子午线轮胎胎面胶, 耐磨性能下降幅度高达40%。

为此, 本工作应用新型偶联剂SUMILINK®200对NR/炭黑胎面胶配方进行优化, 以期提高炭黑的分散性, 加强NR与炭黑间的相互作用, 达到降低胶料生热和轮胎滚动阻力、同时不损失轮胎耐磨性能的目的, 为轮胎行业节能减排开辟新途径。

作者简介: 刘峰(1982—), 男, 山东济南人, 山东玲珑轮胎股份有限公司高级工程师, 硕士, 主要从事轮胎配方设计工作。

E-mail: liufeng212@163.com

1 实验

1.1 主要原材料

NR, STR20, 泰国进口产品; 炭黑N234, 卡博特(中国)投资有限公司产品; 偶联剂SUMILINK®200, 住友化学株式会社产品。

1.2 配方

NR 100, 炭黑N234 50, 氧化锌 4, 硬脂酸 2, 防老剂 4.5, 其他 9, 偶联剂SUMILINK®200 变量。

1.3 主要设备和仪器

GK1.5N型、GK400型和GK255型密炼机, 德国克虏伯公司产品; ROLL-160L型开炼机和P-200-2-PCD型平板硫化机, 磐石油压工业(安徽)有限公司产品; MDR2000型流变仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; Z005型电子拉力机, 德国ZWICK公司产品; GT-7013-A型阿克隆磨耗试验机, 高铁检测仪器(东莞)有限公司产品; EPLEXOR500N型动态热力学频谱仪, 德国GABO公司产品; D-RPA3000型橡胶加工分析仪, 德国Mon Tech公司产品; RR-2-TTM型轮胎滚动阻力试验机, 美国TMSI公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料采用三段混炼工艺。一段和二段混炼采用GK1.5N型密炼机, 转子转速均为80

$r \cdot \min^{-1}$,一段混炼工艺为:加入生胶、炭黑和偶联剂混炼60 s,加入小料(氧化锌、硬脂酸和防老剂除外),混炼至165 °C排胶。二段混炼工艺为:加入一段混炼胶、氧化锌、硬脂酸和防老剂,混炼至150 °C排胶。终炼采用开炼机,混炼工艺为:加入二段混炼胶混炼至包辊,加硫黄和促进剂,吃粉后左右割刀各3次,混炼均匀,薄通下片,冷却。

大配合试验胶料采用三段混炼工艺。一段和二段混炼采用GK400型密炼机,转子转速为55 $r \cdot \min^{-1}$,混炼工艺同小配合试验。终炼采用GK255型密炼机,转子转速为30 $r \cdot \min^{-1}$,混炼工艺为:加入二段混炼胶以及硫黄、促进剂和防焦剂,混炼至105 °C排胶。

试样采用平板硫化机硫化,硫化条件为151 °C $\times$ 40 min。

1.5 性能测试

胶料各项性能按相应国家标准测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

2.1.1 硫化特性

小配合试验胶料的硫化特性见表1。从表1可以看出:随着偶联剂SUMILINK[®]200用量的增大,胶料的门尼焦烧时间变化不大, F_L 呈增大的趋势,说明胶料的粘度增大; t_{90} 缩短,表明胶料的硫化速度加快。

表1 小配合试验胶料的硫化特性

项 目	偶联剂SUMILINK [®] 200用量/份			
	0	1.0	1.5	2.0
门尼焦烧时间 t_5 (127 °C)/min	21.48	21.25	20.35	21.17
硫化仪数据(151 °C)				
F_L /(dN $\cdot$ m)	2.41	2.83	2.92	2.95
F_{max} /(dN $\cdot$ m)	17.35	16.49	17.09	17.37
t_{10} /min	3.78	4.32	4.15	3.57
t_{90} /min	10.30	9.93	9.73	9.38

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,添加偶联剂SUMILINK[®]200后,硫化胶的100%定伸应力、300%定伸应力和回弹值略有上升,硬度、拉伸强度、拉断伸长率和阿克隆磨耗指数变化不大。

2.1.3 动态力学性能

小配合试验胶料的动态力学性能见表3, $\Delta G'$

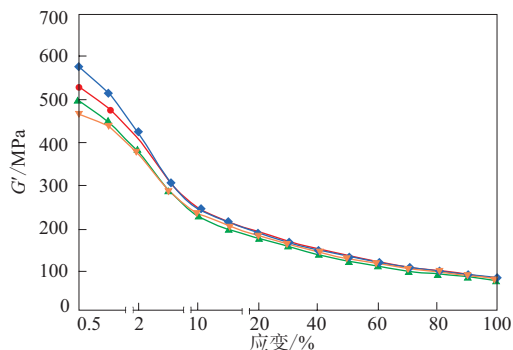
表2 小配合试验硫化胶的物理性能

项 目	偶联剂SUMILINK [®] 200用量/份			
	0	1.0	1.5	2.0
邵尔A型硬度/度	64	63	64	63
100%定伸应力/MPa	2.3	2.3	2.4	2.4
300%定伸应力/MPa	11.6	11.3	12.1	12.0
拉伸强度/MPa	27.3	27.3	27.9	28.3
拉断伸长率/%	566	567	561	567
回弹值/%	67	67	68	69
阿克隆磨耗指数/%	138	137	138	141

为应变开始前后对应的储能模量(G')之差, $\tan\delta$ 是损耗因子。Payne效应是由混炼胶的微观结构变化引起的, $\Delta G'$ 越小,Payne效应越低,表明填料在基体中分散越好。胶料60 °C时的 $\tan\delta$ 表征滚动阻力,其值越小,滚动阻力越低^[3]。图1示出了硫化胶的 G' -应变曲线。图2示出了硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线。

表3 小配合试验胶料的动态力学性能

项 目	偶联剂SUMILINK [®] 200用量/份			
	0	1	1.5	2.0
$\Delta G'$ (0.5%~50%)/MPa	447	377	339	337
$\tan\delta$ (60 °C)	0.111	0.095	0.087	0.088



偶联剂SUMILINK[®]200用量/份: ◆—0; ●—1.0; ▲—1.5; ▼—2.0。

图1 小配合试验硫化胶的 G' -应变曲线

由表3和图1可见,添加偶联剂SUMILINK[®]200后,硫化胶的Payne效应减弱,说明炭黑与NR间的相互作用增强,炭黑分散性提高。

由表3和图2可见:随着偶联剂SUMILINK[®]200用量的增大,硫化胶的 $\tan\delta$ 峰值呈增大趋势,说明炭黑与NR间的相互作用增强;60 °C时的 $\tan\delta$ 值呈降低趋势,说明胶料的生热降低;当偶联剂SUMILINK[®]200用量超过1.5份时,60 °C时的 $\tan\delta$ 下降不明显。

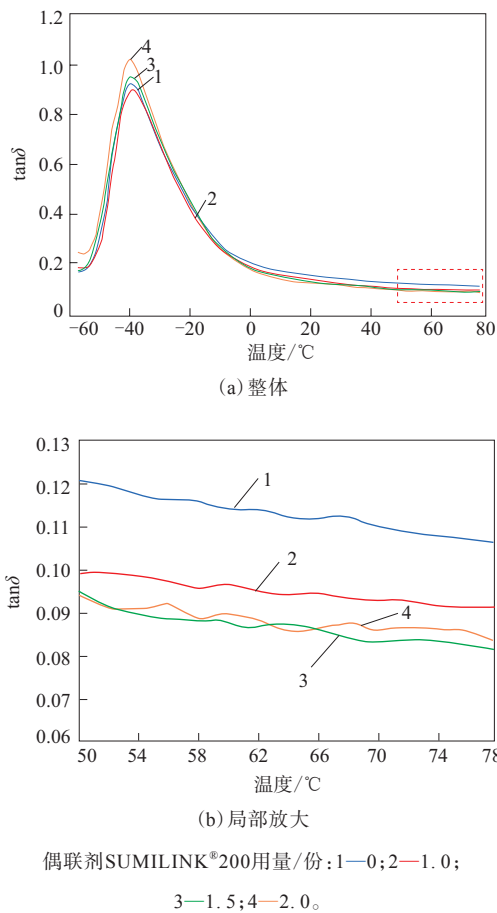


图2 小配合试验硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

综合考虑,选择偶联剂SUMILINK®200用量为0和1.5份的配方进行大配合试验对比。

2.2 大配合试验

2.2.1 硫化特性

大配合试验胶料的硫化特性见表4。从表4可以看出:添加偶联剂SUMILINK®200的胶料门尼粘度增大,门尼焦烧时间略有缩短,胶料的加工安全性略微降低。

项 目	偶联剂SUMILINK®200用量/份	
	0	1.5
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	63	74
门尼焦烧时间 t_5 (127℃)/min	27.08	24.27
硫化仪数据(151℃)		
F_L /(dN·m)	2.53	2.64
F_{max} /(dN·m)	18.50	19.31
t_{10} /min	4.73	4.67
t_{90} /min	11.47	11.67

2.2.2 物理性能

硫化胶的物理性能见表5。由表5可知,添加偶联剂SUMILINK®200的硫化胶定伸应力和回弹值提高,拉伸伸长率下降,其他物理性能相当。

项 目	偶联剂SUMILINK®200用量/份	
	0	1.5
邵尔A型硬度/度	68	69
100%定伸应力/MPa	2.9	3.1
300%定伸应力/MPa	14.6	15.9
拉伸强度/MPa	29.7	30.1
拉断伸长率/%	534	530
回弹值(100℃)/%	61	64
阿克隆磨耗指数/%	114	116

2.2.3 动态力学性能

表6示出了大配合试验胶料的动态力学性能。图3示出了硫化胶的 G' -应变曲线。图4示出了硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线。

项 目	偶联剂SUMILINK®200用量/份	
	0	1.5
$\Delta G'$ (0.5%~50%)/MPa	484	451
$\tan\delta$ (60℃)	0.110	0.096

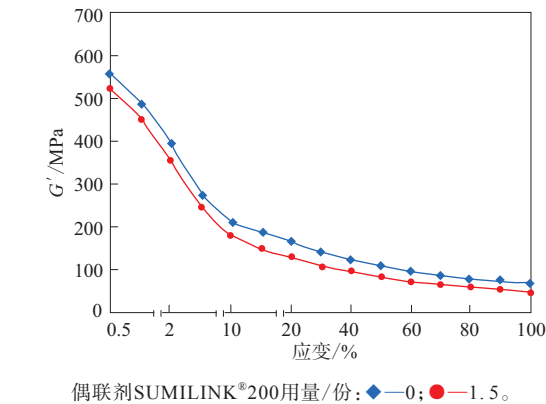
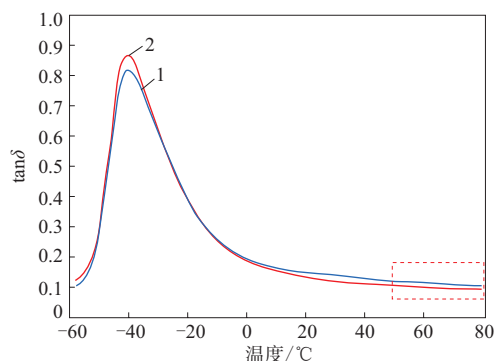


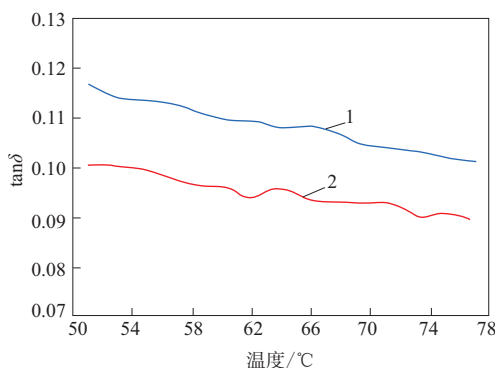
图3 大配合试验硫化胶的 G' -应变曲线

从图3可以看出,添加偶联剂SUMILINK®200后,硫化胶的 $\Delta G'$ (0.5%~50%)降低了7%,Payne效应减弱,炭黑与橡胶间的相互作用增强,炭黑分散性提高。

从图4可以看出:添加偶联剂SUMILINK®200后,胶料 $\tan\delta$ 峰值增大,炭黑与NR间的相互作用增



(a) 整体



(b) 局部放大

偶联剂SUMILINK[®]200用量/份: 1—0; 2—1.5。

图4 大配合试验硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

强; 60℃时的 $\tan\delta$ 降低了13%, 胶料的生热和滚动阻力降低。

2.3 成品性能

采用大配合试验胶料生产12R22.5 16PR

FL117轮胎, 并按照ISO 28580:2009《客车、卡车和大客车轮胎滚动阻力的测量方法》测扭矩法进行成品轮胎室内滚动阻力测试。结果表明, 添加偶联剂SUMILINK[®]200后, 轮胎的滚动阻力系数减小了4.2%。

3 结论

偶联剂SUMILINK[®]200作为一种新型功能助剂, 可以增强NR与炭黑之间的界面作用。在胎面胶中添加偶联剂SUMILINK[®]200后, 炭黑的分散性提高, 胶料的门尼粘度增大, 硫化胶的物理性能变化不大, 60℃时的损耗因子明显减小, 动态生热降低; 偶联剂SUMILINK[®]200用量为1.5份时, 成品轮胎的滚动阻力系数减小了4.2%。

参考文献:

- [1] 刘华侨, 顾培霜, 朱家顺, 等. 新型硅烷偶联剂NXT的应用研究新型硅烷偶联剂NXT的应用研究[J]. 橡胶工业, 2020, 67(5): 366-370.
- [2] 王丹灵, 宋义虎, 冯杰, 等. 白炭黑的特性及其硅烷化反应机理和混炼工艺[J]. 轮胎工业, 2020, 40(9): 515-517.
- [3] 王检, 刘力. 不同结构白炭黑对绿色轮胎胎面胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2019, 66(2): 106-110.
- [4] 刘俊杰, 陈亚婷, 周磊, 等. 轿车轮胎滚动阻力的研究[J]. 轮胎工业, 2020, 40(2): 84-87.
- [5] 吉欣宇, 王茂英, 刘震, 等. 炭黑/白炭黑并用对胎侧胶性能的影响[J]. 橡胶科技, 2020, 18(12): 691-696.
- [6] 王瑾. 白炭黑-炭黑并用补强溶聚丁苯橡胶在绿色轮胎中的应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.

收稿日期: 2021-01-06

Application of Coupling Agent SUMILINK[®]200 in Tread Compound of Truck and Bus Radial Tire

LIU Feng, SUN Tao, WANG Junying, ZHOU Baozhen, WANG Shulei, XING Tao, CHEN Xuemei

(Shandong Linglong Tire Co., Ltd, Zhaoyuan 265400, China)

Abstract: The application of coupling agent SUMILINK[®]200 in natural rubber/carbon black tread compound of truck and bus radial tire was studied. The results showed that after adding the coupling agent SUMILINK[®]200 in the tread compound, the Mooney viscosity of the compound increased, the physical properties of the vulcanizate changed little, the loss factor at 60℃ was significantly reduced, and the dynamic heat build-up decreased. When the dosage of coupling agent SUMILINK[®]200 was 1.5 phr, the rolling resistance index of the finished tire decreased by 4.2%.

Key words: truck and bus radial tire; tread compound; coupling agent; carbon black; dynamic mechanical property; rolling resistance