

碳短纤维改性剂在载重子午线轮胎胎面胶中的应用研究

禡文权, 蔡奕涛, 邹明清

(广州华工百川科技股份有限公司, 广东 广州 510640)

摘要: 研究碳短纤维以改性剂(主要成分为碳短纤维、表面改性剂和白炭黑)的形式在载重子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明:在载重子午线轮胎胎面胶中加入适量的碳短纤维改性剂,胶料门尼粘度增大,硫化特性变化不大;硫化胶的定伸应力、拉伸强度、撕裂强度和耐磨性能提高,耐热老化性能下降,但变化不大。

关键词: 碳短纤维; 改性剂; 载重子午线轮胎; 胎面胶

短纤维-橡胶复合材料是近年来倍受关注的一种新型聚合物基复合材料。用短纤维-橡胶复合材料制备的橡胶制品硬度和定伸应力高,抗切割性能、抗撕裂性能、抗刺扎性能和耐疲劳性能好,生热低,压缩永久变形小。研究发现,在轮胎胎面胶中加入适量短纤维,轮胎滚动阻力明显降低,抗湿滑性能、抗撕裂性能、抗崩花掉块性能、耐磨性能、刚性提高,行驶噪声减小,平衡操纵性和乘坐舒适性改善,使用寿命延长,并可使轮胎轻量化^[1]。20世纪80年代,国外已将短纤维-橡胶复合材料成功应用于轮胎生产。近年来,国内在短纤维-橡胶复合材料领域也开展了广泛研究^[2-4],对尼龙、聚酯、碳纤维和芳纶等短纤维进行表面改性处理,并进行了应用研究,但短纤维-橡胶复合材料在轮胎批量生产中的应用尚未见报道。开发了一种新型改性剂,其主要成分为碳短纤维(长度2~3 mm,直径10~20 μm)、表面改性剂和白炭黑等,它可以使碳短纤维良好地分散在橡胶基材中,起补强作用。本工作研究其对载重子午线轮胎胎面胶性能的影响。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),牌号RSS3[#],泰国产品;炭

黑N234,卡博特化工有限公司产品;沉淀法白炭黑233,连云港连吉化学工业有限公司产品;氧化锌(质量分数为0.997),广州市东民化工有限公司产品;新型改性剂1、改性剂2、改性剂3(碳短纤维质量分数分别为0.02, 0.05, 0.08),常州市五洲化工有限公司提供;增塑剂A、硬酯酸、偶联剂Si69(有效含量50%)、促进剂NS,广州金昌盛科技有限公司产品;芳烃油,广州大港石油科技有限公司产品。

1.2 配方

试验配方见表1。

1.3 主要设备与仪器

1 L密炼机及密炼机智能控制系统,广州华工百川科技股份有限公司产品;XK-160A型开炼机,上海橡胶机械厂产品;XLB-L500×500平板硫化机,广州番禺橡胶机械厂产品;GT-M 2000A型无转子硫化仪、GT-7080S2型门尼粘度试验机,高铁检测仪器(东莞)有限公司产品;CMT 4104型微机控制电子万能试验机,深圳新三思材料检测有限公司产品;MH-74型阿克隆磨耗机,上海化工机械四厂产品;101型热空气老化箱,上海市实验仪器总厂产品。

1.4 试样制备

胶料混炼分2段进行。一段混炼在1 L小密

表1 试验配方 份

组 分	0 [#] 配方	1 [#] 配方	2 [#] 配方	3 [#] 配方
NR	100	100	100	100
氧化锌	5	5	5	5
硬脂酸	3	3	3	3
防护蜡	1.5	1.5	1.5	1.5
增塑剂 A	2	2	2	2
炭黑 N234	45	45	45	45
白炭黑	13	8	8	8
改性剂 1	0	5	0	0
改性剂 2	0	0	5	0
改性剂 3	0	0	0	5
偶联剂 Si69	2	2	2	2
芳烃油	5	5	5	5
防老剂 4020	2	2	2	2
防老剂 RD	1	1	1	1
促进剂 NS	1.6	1.6	1.6	1.6
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5
合计	182.6	182.6	182.6	182.6

炼机中进行,密炼机转子转速 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,混炼工艺为:生胶→加压 50 s→小料→加压 90 s→炭黑→加压 120 s→白炭黑、偶联剂 Si69、改性剂→加压 90 s→芳烃油→加压 90 s→排胶。二段混炼在开炼机上进行,混炼工艺为:一段混炼胶热炼(辊距 1.8 mm、包辊并留有 1~2 cm 高度余胶)→促进剂 NS 和硫黄→两边各做 4 次 3/4 割刀捣胶→辊距调至 0.5 mm→打三角包 4 次→辊距调至 3 mm→下片,停放。在平板硫化机上硫化试样,硫化条件为 $143^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$ 。

1.5 性能测试

胶料性能测试按相应国家标准进行。

2 结果与讨论

2.1 胶料加工性能和硫化特性

胶料加工性能和硫化特性见表 2。从表 2 可以看出:使用含有碳短纤维的改性剂替代 5 份白炭黑,一段混炼胶的排胶温度上升 $4\sim 10^\circ\text{C}$,胶料门尼粘度增大,但排胶温度和门尼粘度仍在合理的加工要求范围内;胶料 M_L 和 M_H 增大, t_{S2} , t_{10} 和 t_{90} 变化不大,这说明碳短纤维对胶料焦烧性能和正硫化时间影响不大。

表2 胶料加工性能和硫化特性 份

项 目	0 [#] 配方	1 [#] 配方	2 [#] 配方	3 [#] 配方
一段混炼胶排胶温度/ $^\circ\text{C}$	135	141	139	145
门尼粘度 [ML (1+4) 100°C]	35.5	38.7	37.9	39.6
硫化特性 (143°C)				
$M_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	3.20	3.56	3.41	3.62
$M_H/(\text{dN} \cdot \text{m})$	34.78	36.95	35.74	36.04
t_{S2}/min	5.88	5.83	6.10	5.50
t_{10}/min	6.28	6.30	6.53	5.92
t_{90}/min	30.42	33.05	32.90	34.35

2.2 物理性能

胶料物理性能见表 3。从表 3 可以看出:加入适量碳短纤维的改性剂后,胶料的定伸应力、拉伸强度和撕裂强度提高,阿克隆磨耗量总体减小,耐磨性能提高,拉断伸长率稍有下降,这说明碳短纤维起到了很好的补强作用;随着碳短纤维含量增大,胶料的拉伸强度和撕裂强度先提高后降低,这说明碳短纤维用量在适当范围内,碳短纤维能起到很好的补强作用,碳短纤维用量过大,其补强效应反而会下降,这可能是因为碳短纤维含量较大时,碳短纤维在胶料中分散相对困难,碳短纤维易团聚,无法起补强作用,反而成为胶料中的“脆弱点”;1[#] 配方和 2[#] 配方、3[#] 配方胶料热老化后的拉伸强度和撕裂强度下降幅度比 0[#] 配方胶料大,这是因为在热氧条件下碳短纤维与橡胶的粘合强度降低,在拉伸过程中起

表3 胶料物理性能

项 目	0 [#] 配方	1 [#] 配方	2 [#] 配方	3 [#] 配方
邵尔 A 型硬度/度	69	70	70	71
100% 定伸应力/MPa	3.19	3.27	3.24	3.34
300% 定伸应力/MPa	15.09	15.73	15.90	16.12
拉伸强度/MPa	26.04	26.71	27.24	26.28
拉断伸长率/%	503	496	493	482
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	98	107	110	103
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.317	0.298	0.306	0.320
100 $^\circ\text{C} \times 48 \text{ h}$ 热老化后				
邵尔 A 型硬度/度	73	73	73	74
100% 定伸应力/MPa	4.24	4.39	4.64	4.78
300% 定伸应力/MPa	16.67	17.02	17.64	18.52
拉伸强度/MPa	24.45	24.56	24.61	24.18
拉断伸长率/%	445.0	418.6	410.2	401.8
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	81	82	79	72

补强作用的碳短纤维减少,拉伸强度和撕裂强度下降较快。综合来看,2[#]配方胶料的性能优于1[#]配方胶料,3[#]配方胶料性能最差。

2.3 炭黑分散度

对胶料中炭黑分散度进行测定,观察碳短纤维对胶料分散的影响。0[#]配方、1[#]配方、2[#]配方和3[#]配方胶料的炭黑分散度依次为8.6, 8.1, 8.0和7.8级,都达到了7级以上。从测定结果可以看出,加入含有碳短纤维的改性剂后,胶料的炭黑分散度下降,而且随着碳短纤维含量增大,炭黑分散度呈下降趋势,这说明碳短纤维对胶料分散产生一定的影响,但影响不大。

2.4 断面显微镜观察

在显微镜下观察试样拉伸断面(放大50倍),如图1所示。从图1可以看出,0[#]配方试样的拉伸断面较光滑平整,1[#]配方、2[#]配方和3[#]配方试样的拉伸断面相对粗糙,这是胶料中的碳短纤维受拉伸断裂造成的。由于碳短纤维的直径和长度较小,显微镜放大倍数有限,因此未能在试样拉伸断面上清楚地观察到碳短纤维的断裂状态。

3 结论

(1) 在载重子午线轮胎胎面胶中加入适量碳短纤维改性剂,胶料的门尼粘度稍增大,硫化特性变化不大。

(2) 加入适量碳短纤维改性剂,胶料的定伸应力、拉伸强度、撕裂强度及耐磨性能提高。

(3) 加入碳短纤维改性剂后,胶料的耐老化性

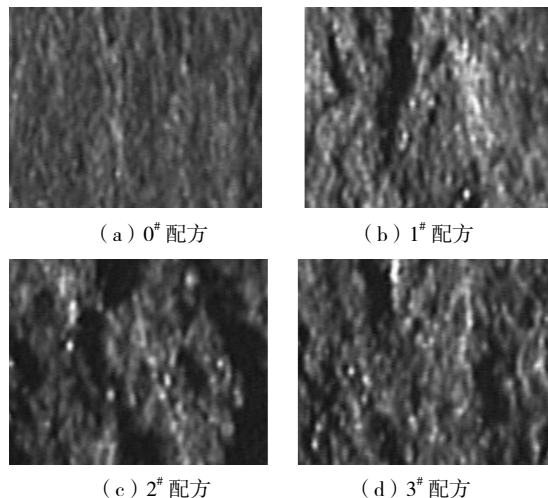


图1 试样拉伸断面显微镜照片

能下降,但变化不大。

(4) 含有改性剂2(碳短纤维质量分数为0.05)的胶料综合性能较好。

参考文献:

- [1] 田浩, 郭磊, 陈秀芳, 等. 聚酯短纤维用量对其增强胎面影响的实验研究[J]. 特种橡胶制品, 2008, 29(3): 49-53.
- [2] 张立群, 周彦豪, 张宇东, 等. 短纤维-橡胶复合材料动态物理性能的研究[J]. 橡胶工业, 1994, 41(9): 538-543.
- [3] 张立群, 金日光, 周彦豪, 等. 短纤维补强技术在橡胶工业中的应用[J]. 橡胶工业, 1995, 42(3): 169-174.
- [4] 周彦豪. 短纤维/橡胶复合材料及其制品研究开发的新进展[J]. 合成橡胶工业, 1998, 21(1): 1-6.

Application of Short Carbon Fiber Modifier in the Tread Compound of TBR Tire

Xuan Wenquan, Cai Yitao, Zou Mingqing

(Guangzhou Scut Bestry Technology Co., Ltd., Guangzhou 510640, China)

Abstract: The application of short carbon fibers in the form of modifier in the tread compound of TBR tire was studied. Main ingredients of the fibers modifier included short carbon fiber, modifier and silica. With appropriate amount of short carbon fiber modifier, the tensile modulus, tensile strength, tear strength and abrasion resistance of the vulcanizates were improved, while the Mooney viscosity of the compound increased, the curing characteristic changed little, and the heat aging resistance of the vulcanizates decreased slightly.

Keywords: short carbon fiber; modifier; TBR tire; tread compound