

白炭黑对轮胎胎面胶性能的影响

孙 鲁¹,徐文龙¹,于海洋²,汪 燕²,徐 旗²

[1. 浦林成山(青岛)工业研究设计有限公司,山东 青岛 266000;2. 浦林成山(山东)轮胎有限公司,山东 荣成 264300]

摘要:研究白炭黑对轮胎胎面胶性能的影响。通过研究国内外5种不同白炭黑的粒径分布和分散性差异,以及其在胎面胶中的应用性能变化,为配方设计工作提供参考。结果表明:在粒径分布相差不大的情况下,高分散性白炭黑较普通白炭黑具有一定优势,能够改善胶料的加工性能,提高强伸性能,降低滚动阻力;国产与进口同系列高分散性白炭黑各有优势;高比表面积白炭黑使用时应注意调整用量以达到胶料性能的最佳平衡。

关键词:白炭黑;粒径分布;胎面胶;滚动阻力

中图分类号:U463.341;TQ330.38⁺3

文献标志码:B

文章编号:2095-5448(2019)07-0407-03

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2019.07.0407

绿色轮胎以其舒适安全、环保节能的特点,逐渐被大众接受,且需求量与产量日益提高。大量研究表明,在轮胎胎面胶中使用白炭黑作为补强填充剂,轮胎的滚动阻力显著降低,与使用炭黑的传统胎面胶相比,使用白炭黑的胎面胶滚动阻力可降低20%,滞后损失约减小50%,从而节约3%以上的燃油。通过添加高用量(50份以上)白炭黑,轮胎的各项性能都显著提高,特别是轮胎的主要参数湿牵引力和滚动阻力的综合平衡性改善^[1-3]。

白炭黑性能参数较多,各项参数对轮胎胶料性能的影响并不十分明确。

本工作研究5种不同类型白炭黑在轮胎胎面胶中的应用,测试对比胶料性能,了解国内外同系列白炭黑的差异,以进一步考察白炭黑性能参数与胶料性能之间的关系。

1 实验

1.1 主要原材料

溶聚丁苯橡胶(SSBR)(充油量为37.5份),韩国LG公司产品;顺丁橡胶(BR),中国石油独山子石化公司产品;炭黑N234,江西黑猫炭黑股份有限公司产品;偶联剂Si69,南京曙光化工集团有限

公司产品;1[#]白炭黑,普通白炭黑,国产;2[#]白炭黑,高分散性白炭黑,国产;3[#]白炭黑,高分散性白炭黑,进口;4[#]白炭黑,3[#]白炭黑同系列高分散性白炭黑,国产;5[#]白炭黑,高比表面积高分散性白炭黑,国产。

1.2 配方

SSBR 96.25, BR 30, 炭黑N234 15, 白炭黑 70, 偶联剂Si69 6, 氧化锌 3, 硬脂酸 2, 防老剂6PPD 2, 防老剂RD 1, 防老剂3100 0.8, 环保芳烃油 13.25, 防护蜡 1, 硫黄 2, 促进剂CZ 1.5, 促进剂DPG 1.5。

1[#]—5[#]配方分别添加1[#]—5[#]白炭黑。

1.3 主要设备和仪器

MU2000型激光粒度分析仪,英国马尔文公司产品;XK-160型开炼机,上海第一橡胶机械厂有限公司产品;BB2型密炼机,日本神钢公司产品;XLB-600型平板硫化机,青岛科高橡塑机械有限公司产品;MDR2000型无转子硫化仪和MV2000型门尼粘度仪,美国阿尔法科技有限公司产品;EPLEXOR 150N型动态粘弹性试验机,德国Gabo公司产品;AI-7000型拉力试验机,中国台湾高铁科技股份有限公司产品。

1.4 胶料混炼

胶料混炼分三段进行。

一段混炼在密炼机中进行,填充因数为0.65,

作者简介:孙鲁(1989—),男,山东青岛人,浦林成山(青岛)工业研究设计有限公司工程师,学士,从事轮胎配方研究工作。

转子转速为 $80\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,密炼室初始温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,压砣压力为 0.4 MPa ,混炼工艺为:生胶(35 s)→白炭黑、炭黑、偶联剂Si69和小料→压砣,升温至 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ →清扫→升温至 $158\text{ }^{\circ}\text{C}$ →保温120 s→排胶。一段混炼胶在开炼机上过辊,压片,停放12 h以上。

二段混炼在密炼机中进行,填充因数为0.63,转子转速为 $70\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,密炼室初始温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,压砣压力为 0.4 MPa ,混炼工艺为:一段混炼胶(35 s)→压砣,升温至 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ →清扫→升温至 $158\text{ }^{\circ}\text{C}$ →保温120 s→排胶。二段混炼胶在开炼机上过辊,压片,停放2 h以上。

终炼在密炼机中进行,填充因数为0.60,转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,密炼室初始温度为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,压砣压力为 0.4 MPa ,混炼工艺为:二段混炼胶(20 s)→促进剂DPG、促进剂CZ和硫黄(15 s)→清扫→ $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或温度达到 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$,排胶。终炼胶在开炼机上过辊(辊距为3~4 mm),左右割胶,打卷5次,压片,停放至室温。

1.5 性能测试

白炭黑及胶料性能均按照相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 白炭黑性能

白炭黑的理化分析结果如表1所示。

表1 白炭黑的理化性能

项 目	白炭黑				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
BET比表面积/($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	171	172	161	162	181
pH值	6.6	6.8	6.5	6.7	6.7

从表1可以看出,3[#]和4[#]高分散性白炭黑的BET比表面积基本相同,5种白炭黑的pH值差异不大。

白炭黑粒径分布测试结果如表2所示。

采用激光粒度仪测定粒径分布时,颗粒形状越接近圆球形,粒径分布测定结果越准确。径距表征颗粒分布宽度,计算式为 $(D_{90}-D_{10})/D_{50}$,其中, D_{10} , D_{50} , D_{90} 分别为颗粒累积分布为10%,50%,90%的粒径,径距越大,颗粒分布宽度越大。一致

表2 白炭黑的粒径分布参数

项 目	白炭黑				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
径距	2.07	2.01	1.78	1.35	4.92
一致性	0.623	0.600	0.526	0.419	1.520
比表面积/($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	0.682	0.665	0.382	0.223	1.380
表面积平均粒径					
$D[3,2]/\mu\text{m}$	44.0	45.1	78.5	134.5	21.7
体积平均粒径					
$D[4,3]/\mu\text{m}$	143.3	139.1	261.2	322.1	103.5

性表征粒径分布偏离中位值的程度。表面积平均粒径越小,比表面积越大,加工难度越大。

从表2可以看出:1[#]普通白炭黑与2[#]高分散性白炭黑的粒径分布相似;与4[#]高分散性白炭黑相比,3[#]高分散性白炭黑的比表面积较大,表面积平均粒径和体积平均粒径较小。

2.2 胶料性能

不同白炭黑对胶料性能的影响如表3所示。

表3 填充不同白炭黑胶料的性能

项 目	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
门尼粘度[ML(1+4) 100 $^{\circ}\text{C}$]	74	72	68	70	78
硫化仪数据(163 $^{\circ}\text{C}$)					
t_{10}/min	1.61	1.63	1.47	1.55	1.60
t_{90}/min	3.73	3.89	4.02	3.85	4.15
硫化胶性能(170 $^{\circ}\text{C}\times$ 20 min)					
邵尔A型硬度/度	66	65	65	64	67
100%定伸应力/MPa	2.2	2.5	2.3	2.4	2.5
300%定伸应力/MPa	10.2	11.2	11.3	10.8	11.7
拉伸强度/MPa	14.9	16.3	15.4	15.2	15.6
拉断伸长率/%	413	404	397	400	392
拉断永久变形/%	13	12	12	13	14
回弹值/%	25	23	24	23	24
撕裂强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	31	33	32	31	34
DIN磨耗量/ mm^3	117	114	126	118	124
损耗因子($\tan\delta$)					
0 $^{\circ}\text{C}$	0.416	0.424	0.426	0.419	0.430
60 $^{\circ}\text{C}$	0.162	0.160	0.155	0.158	0.168

从表3可以看出:与2[#]配方胶料相比,1[#]配方胶料门尼粘度较大,加工性能略差,定伸应力、拉伸强度和撕裂强度略低,耐磨性能略差;与4[#]配方胶料相比,3[#]配方胶料加工性能较好, t_{90} 稍长可能是因为3[#]白炭黑pH值较低且比表面积略大,吸附的促进剂较多,导致胶料硫化速率降低;5[#]配方胶料的硬度较大,300%定伸应力较高,拉断伸长率较

小,磨耗量较大,60℃时的 $\tan\delta$ 较大,滚动阻力大,在使用5[#]白炭黑时应注意减小用量,使胶料综合性能达到最佳。

3 结论

(1) 1[#]普通白炭黑和2[#]高分散性白炭黑的粒径分布测试结果相差不大,但是添加2[#]高分散性白炭黑的胶料加工性能较好,定伸应力、拉伸强度和撕裂强度较高,磨耗量及滚动阻力较低。

(2) 国产4[#]高分散性白炭黑与进口同系列3[#]高分散性白炭黑相比,添加3[#]高分散性白炭黑的胶料在加工性能与低滚动阻力方面有一定优势,但其耐磨性能有所下降,使用时需要考虑硫化

速率。

(3) 相同白炭黑用量时,添加高比表面积白炭黑能够提高胶料硬度和定伸应力,但是胶料拉断伸长率有所降低,滚动阻力增大,配方设计时需要调节白炭黑用量以达到胶料性能的最佳平衡。

参考文献:

- [1] 王梦蛟. 绿色轮胎的发展及其推广应用[J]. 橡胶工业, 2018, 65(1): 105-112.
- [2] 焦志民, 白英杰, 孙玉, 等. 白炭黑对轮胎胶料性能的影响[J]. 轮胎工业, 2008, 28(9): 548-550.
- [3] 付文, 苏绍昌, 王丽. 改性白炭黑补强天然橡胶的性能研究[J]. 橡胶工业, 2018, 65(1): 9-13.

收稿日期: 2019-01-05

Effect of Silica on Properties of Tire Tread Compound

SUN Lu¹, XU Wenlong¹, YU Haiyang², WANG Yan², XU Qi²

[1. Pulin Chengshan (Qingdao) Industrial Research and Design Co., Ltd., Qingdao 266000, China; 2. Pulin Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd., Rongcheng 264300, China]

Abstract: The effect of silica on the properties of tread compound was studied. The differences of particle size distribution and dispersion of five different kinds of silica at home and abroad as well as the changes of their application properties in tread compound were studied to provide reference for formulation design. The results showed that highly dispersible silica had certain advantages over ordinary silica with similar particle size distribution. For example, the processing properties, the strength and elongation performance of the compound were improved, and the rolling resistance was reduced. It was found that each type of highly dispersible silica, domestic or imported, had its own advantages. When high specific surface area silica was used, its dosage should be optimized in order to achieve the balance of rubber compound properties.

Key words: silica; particle size distribution; tread compound; rolling resistance

声 明

《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》均不收取审稿费。任何机构、个人以任何名义向作者收取审稿费均为诈骗行为。请广大作者互相转告,勿信诈骗信息。作者投稿请直接登录官网(www.rubbertire.com.cn),在投稿系统中可查询稿件录用结果。有任何疑问请及时与编辑部联系。