

不同品种炭黑在载重子午线轮胎胎面胶中的应用

任夫云, 张世鑫, 鲁 强

(三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264200)

摘要: 研究3种炭黑在载重子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明: 炭黑EB262的分散性最差, 胶料的门尼焦烧时间最长, 交联密度最大, 生热最高; 炭黑HP130的分散性最好, 胶料的正硫化时间最短, 耐磨性能最好, 生热最低, 综合性能最佳; 炭黑N134胶料的硫化特性、耐磨性能和生热介于炭黑EB262与炭黑HP130胶料之间。

关键词: 炭黑; 载重子午线轮胎; 胎面胶; 分散性; 耐磨性能; 生热

中图分类号: TQ330.38⁺1; U463.341⁺.3/.6

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2020)12-0735-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2020.12.0735



OSID 开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着轮胎行业的发展, 对载重子午线轮胎的耐磨性能提出了更高的要求。填料的性能及用量对轮胎胶料的耐磨性能影响极大。对于载重轮胎, 其胎面胶一般采用耐磨性能优异的高比表面积炭黑, 这是因为炭黑比表面积越大, 对胶料的补强作用越好, 胶料的耐磨性能越优异, 但同时高比表面积炭黑存在分散性差的问题, 反而会降低胶料的耐磨性能, 因此优异的耐磨性能需要平衡炭黑的比表面积与分散性问题^[1-2]。目前越来越多的炭黑生产企业开始研发聚集体尺寸分布窄的炭黑, 炭黑的小尺寸和大尺寸聚集体的占比减小、中间尺寸聚集体占比增大, 有利于炭黑分散及对橡胶材料的补强作用, 这是因为大尺寸聚集体有利于分散但对补强无益, 小尺寸聚集体由于难以分散, 对橡胶材料的补强效果也差^[3-5]。

本工作主要研究3种不同比表面积及聚集体尺寸分布的炭黑在载重子午线轮胎胎面胶中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR), SMR20, 马来西亚产品; 炭黑N134, 山东贝斯特化工有限公司产品; 炭黑EB262和HP130, 德国Orion公司产品。

作者简介: 任夫云(1990—), 女, 山东临沂人, 三角轮胎股份有限公司工程师, 硕士, 主要从事轮胎配方设计工作。

E-mail: renfuyun@triangle.com.cn

3种炭黑的基本参数如表1所示。

表1 3种炭黑的基本参数

项 目	炭黑品种		
	EB262	N134	HP130
比表面积/($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	130	130	119
吸油值/[$\text{mL} \cdot (100 \text{g})^{-1}$]	128	128	134
着色强度/%	140	132	108

1.2 试验配方

NR 100, 炭黑(变品种) 50, 氧化锌 4, 硬脂酸 2, 石蜡 0.5, 微晶蜡 1, 防老剂RD 1, 防老剂4020 2, 防老剂DTPD 0.5, 硫黄、促进剂和防焦剂 3.1。

1[#]—3[#]配方分别加入炭黑EB262, N134和HP130。

1.3 主要设备和仪器

1.5 L密炼机, 德国克虏伯公司产品; XK-160型开炼机, 上海橡塑机械厂产品; HS100T-FTMO-90型平板硫化机, 佳鑫电子设备科技(深圳)有限公司产品; TS-2000M型电子拉力机, 中国台湾高铁检测仪器有限公司产品; 动态力学分析(DMA)仪, 美国TA公司产品。

1.4 试样制备

胶料采用两段混炼工艺, 均在1.5 L密炼机中进行。一段混炼转子转速为 $100 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$, 混炼工艺为: 生胶、小料→压压砣(30 s)→3/4炭黑→压压砣(70 s)→剩余炭黑和小料→压压砣(5 min)→排胶; 二段混炼转子转速为 $50 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$, 混炼工艺为:

一段混炼胶、硫黄、促进剂→压压砣(5 min)→排胶;终炼胶在开炼机上薄通6次,下片。

胶料在平板硫化机上硫化,硫化条件为150℃×30 min。

1.5 性能测试

各项性能均按照相应的国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

3种炭黑对胶料硫化特性的影响如表2所示。

表2 3种炭黑对胶料硫化特性的影响

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	65	65	63
门尼焦烧时间 t_5 (121℃)/min	34.6	26.1	22.2
硫化仪数据(150℃)			
F_L /(dN·m)	2.40	2.39	2.21
F_{max} /(dN·m)	16.60	16.36	14.57
$F_{max}-F_L$ /(dN·m)	14.20	13.97	12.36
t_{32} /min	5.79	4.52	3.99
t_{10} /min	5.29	4.14	3.61
t_{25} /min	6.48	5.03	4.32
t_{50} /min	7.62	6.13	5.23
t_{90} /min	12.97	11.58	9.25

从表2可以看出:3种配方胶料的门尼粘度相当;1[#]配方胶料的门尼焦烧时间、 t_{25} 和 t_{90} 最长,硫化速度最慢,3[#]配方胶料的门尼焦烧时间、 t_{25} 和 t_{90} 最短,硫化速度最快,交联密度($F_{max}-F_L$)最小,这是由于炭黑HP130的比表面积最小,对胶料的补强作用最低;2[#]配方胶料的门尼焦烧时间、交联密度和硫化速度介于1[#]与3[#]配方胶料之间。

2.2 物理性能

3种炭黑对硫化胶物理性能的影响如表3所示。

从表3可以看出:3种配方胶料的拉伸强度和拉断伸长率相当;2[#]和3[#]配方胶料的300%定伸应力比1[#]配方胶料增大约7%,说明炭黑N134和HP130在胶料中的分散性更好,在相同的混炼工艺下,炭黑EB262的分散性略差;从回弹值也可以看出,1[#]配方胶料的回弹值略低,生热略高,同时DIN磨耗量比2[#]配方胶料增大约7%。分析认为,炭黑EB262和N134的比表面积和吸油值相同,但是炭黑EB262的着色强度更高,从理论上讲,当炭黑

表3 3种炭黑对硫化胶物理性能的影响

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
邵尔A型硬度/度	68	68	66
100%定伸应力/MPa	2.7	3.0	3.0
300%定伸应力/MPa	13.5	14.4	14.5
拉伸强度/MPa	27.3	26.7	27.7
拉断伸长率/%	521	497	519
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	121	122	116
回弹值/%			
23℃	42	43	48
100℃	55	56	62
DIN磨耗量/mm ³	133	124	112

EB262的分散性与炭黑N134达到同一水平时,炭黑EB262胶料的耐磨性能会更占优势,但在本试验中,炭黑EB262的耐磨性能优势并没有表现出来,因此在应用炭黑EB262时,需要进一步调整混炼工艺,才能充分发挥其性能优势。

炭黑HP130的比表面积最小,胶料的硬度和撕裂强度最小,回弹值最大,生热最低,DIN磨耗量最小。填料对胶料耐磨性能的影响不仅在于其比表面积、结构及聚集体尺寸分布,还与填料的分散性密切相关,在应用不同比表面积及聚集体尺寸分布的炭黑时,需要调整混炼工艺,以达到最佳的分散状况。在本试验中,采用相同的混炼工艺,聚集体尺寸分布窄的炭黑EB262没有表现出明显的耐磨性能优势,反而比表面积略小的炭黑HP130由于其良好的分散性而表现出优异的耐磨性能。

2.3 耐热氧老化性能

3种炭黑对硫化胶耐热氧老化性能的影响如表4所示。

从表4可以看出:与老化前胶料相比,热氧老化后3种配方胶料的硬度、100%和300%定伸应力

表4 3种炭黑对硫化胶耐热氧老化性能的影响

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
邵尔A型硬度/度	73	73	71
100%定伸应力/MPa	4.1	4.4	4.0
300%定伸应力/MPa	17.1	17.3	15.1
拉伸强度/MPa	19.2	19.4	17.2
拉断伸长率/%	337	336	343
拉伸性能保持率 ¹⁾ /%	46	49	41

注:1)拉伸性能保持率=(老化后拉伸强度×老化后拉断伸长率)/(老化前拉伸强度×老化前拉断伸长率)×100%;老化条件为100℃×96 h。

增大,拉伸强度和拉伸伸长率减小;1[#]和2[#]配方胶料的拉伸性能保持率在同一水平,3[#]配方胶料经过长时间高温老化后拉伸强度的降幅较大,拉伸性能保持率较低。

2.4 动态力学性能

采用DMA仪对硫化胶进行应变扫描,测试条件为:静态应变 10%,动态应变范围 0.1%~5.0%,频率 10 Hz。3种炭黑对硫化胶动态力学性能的影响如表5所示,其中 $\tan\delta$ 为损耗因子, E' 为储能模量, $\Delta E'$ 为应变0.1%与应变5.0%的 E' 之差。

表5 3种炭黑对硫化胶动态力学性能的影响

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
应变0.1%			
$\tan\delta$	0.098	0.100	0.095
E'/MPa	14.811	15.049	13.430
应变0.5%			
$\tan\delta$	0.151	0.151	0.139
E'/MPa	10.310	10.736	10.058
应变1.0%			
$\tan\delta$	0.177	0.176	0.159
E'/MPa	8.500	8.888	8.557
应变5.0%			
$\tan\delta$	0.202	0.196	0.178
E'/MPa	5.006	5.324	5.389
$\Delta E'/\text{MPa}$	9.805	9.725	8.041

从表5可以看出,1[#]配方胶料在应变为1.0%和5.0%时的 $\tan\delta$ 最大,生热最高。这是由于炭黑EB262的分散性略差,填料之间相互作用较大,虽然其聚集体尺寸分布比炭黑N134更窄,但大尺寸聚集体所占比例减小,而大尺寸聚集体有利于炭黑的分散,因此在与炭黑N134相同的混炼工艺下,炭黑EB262的分散性略差,胶料的生热略高。1[#]配方胶料的 $\Delta E'$ 最大,说明炭黑EB262的分散性较差。

2[#]配方胶料的刚性(以应变0.5%时的 E' 表征)

最大,轮胎的操纵性能最佳,生热性能介于1[#]与3[#]配方胶料之间,炭黑N134的分散性略优于炭黑EB262。

3[#]配方胶料的刚性较低,但是与2[#]配方胶料相比,刚性降幅仅为6%,因此对轮胎的操纵性能影响较小;3[#]配方胶料应变5.0%时的 $\tan\delta$ 比2[#]配方胶料低8%,能够大大降低轮胎的生热,同时其 $\Delta E'$ 最小,说明炭黑HP130的分散性最好。

在相同的混炼工艺下,炭黑HP130的分散性最佳,胶料的生热最低,综合考虑轮胎的操纵性能和生热性能,填充炭黑HP130的胶料综合性能最佳。

3 结论

采用相同的混炼工艺,炭黑EB262的分散性最差,胶料的生热最高,耐磨性能最差;炭黑HP130的分散性最好,胶料的耐磨性能最佳,生热最低,综合性能最佳;炭黑N134胶料的刚性最大,生热和耐磨性能介于炭黑EB262与炭黑HP130胶料之间。因此可以根据实际配方对轮胎操纵性能和滚动阻力的不同要求,合理选择炭黑品种。

参考文献:

- [1] 黄元昌. 提高载重轮胎耐磨性的窄聚集体尺寸分布炭黑[J]. 橡塑技术与装备, 2018, 44(17): 60-62.
- [2] 刘坛. 炭黑N351在大型实心轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业, 2019, 39(6): 349-351.
- [3] 孙照林, 王伟. 炭黑聚集体填充橡胶的力学性能分析[J]. 橡胶工业, 2018, 65(2): 146-149.
- [4] Prajapati Naik, Smitirupa Pradhan, P Sahoo, et al. Effect of Filler Loading on Mechanical Properties of Natural Carbon Black Reinforced Polymer Composites[J]. Materials Today: Proceedings, 2020, 26(2): 1892-1896.
- [5] 边慧光, 王红. 不同种类裂解炭黑的橡胶分散性及补强性能[J]. 弹性体, 2019, 29(6): 12-16.

收稿日期: 2020-07-23

Application of Different Kinds of Carbon Black in Tread Compound of Truck and Bus Radial Tire

REN Fuyun, ZHANG Shixin, LU Qiang

(Triangle Tyre Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The application of three kinds of carbon black in the tread compound of truck and bus

radial tire was investigated. The results showed that, the dispersion of carbon black EB262 was the worst, the Mooney scorch time of the compound filled with carbon black EB262 was the longest, the crosslinking density was the largest and the heat build-up was the highest. The dispersion of carbon black HP130 was the best, the optimum curing time of the compound filled with carbon black HP130 was the shortest, the wear resistance was the best, the heat build-up was the lowest, and the comprehensive property was the best. The vulcanization characteristics, wear resistance and heat build-up of carbon black N134 filled compound were between those of carbon black EB262 and carbon black HP130 filled compounds.

Key words: carbon black; truck and bus radial tire; tread compound; dispersion; wear resistance; heat build-up

软控创立20周年庆典隆重举行,5项新产品 新技术新平台全球首发

2020年11月22日,软控股份有限公司(简称软控)在青岛国际会议中心举行了橡胶工业领域现象级新产品新技术发布会,软控接连发布了橡胶装备新产品、智能橡胶装备研发平台(ROC2.0)、橡链云工业互联网平台以及世界首创的EVEC橡胶新材料等重量级项目,这些都将成为橡胶行业的制造工艺、产品质量、经营模式带来质的飞跃。

软控董事长何宁在致辞中表示,软控从一家校办企业走向全球极具竞争力的国际化公司,从提供单一装备到全球轮胎智能制造解决方案的供应商,这是软控获得巨大发展的20年。软控坚持以人为本,以人本文化塑造强大的团队;坚持创新驱动,以高品质产品服务客户;坚持开放融合,共同推进行业繁荣。面向未来,无论是材料领域、装备制造、智能技术、人才培养,软控都希望与整个行业形成更为紧密的有机体,共同加强中国装备制造业的基础研究,为行业培养优秀人才,积极拥抱新技术、新应用,推动橡胶行业走向更大的辉煌。

中国橡胶工业协会副会长兼秘书长徐文英在讲话中指出,软控创立的20年也是中国橡胶工业蓬勃、飞速发展的20年,行业技术进步,产品升级换代,产业超常规发展,中国橡胶工业实现了从弱小落后向在世界橡胶工业中具有举足轻重地位的历史性转变。对于行业未来的发展,她呼吁全行业加强开放、融合、包容、相互学习;走科技创新引领的道路,以质量和品牌重塑中国形象;着重发展智能制造,未来是以大数据为基础的智能时代,软控在智能制造方面做了积极的探索,希望全行

业不忘初心、砥砺前行,为实现中国橡胶工业强国目标而努力。

经过20年的发展,软控已经成为全球橡胶机械领域的领军者,业务规模连续9年位居世界前三,工艺装备覆盖轮胎生产全线的80%,此次发布的全自动小料称量系统(FAR20)和全钢三鼓成型机(NTS3)进一步提升和巩固了软控在工艺装备方面的实力。

其中,FAR20产能、称量精度、智能化等关键技术参数均取得了重大突破,实现了上袋、封口、倒桶的自动化,也可选配自动码垛、自动导引小车(AGV)到密炼机的解决方案,整机只需1人操作,配方质量最高可达35 kg,精度满足橡胶行业高要求,生产效率行业领先,班产可达750袋,综合性能已达到国际先进水平。

基础材料的原始创新,将改变整个橡胶行业。新材料推动新工艺,新工艺需求新装备、新技术。而软控的装备研发平台可以支撑产品和技术的快速迭代升级,满足新材料引发的行业需求。

未来,软控将在智能制造与新材料双航道发力,借助于工业互联网,促进全业务链条的数据互联,实现轮胎工厂全过程的数据资源共享,提升企业整体效率,促成产业新业态、新模式,助力企业数字化转型升级。

同日,软控20周年庆典在青岛国际会议中心隆重举行,软控机电工程总部建设启动仪式在胶州装备产业园区举行,各界嘉宾齐聚一堂,共同见证软控努力打造橡胶行业智能制造世界级产业高地的里程碑式时刻。

(本刊编辑部)