

改性短纤维FB-200在巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中的应用

黄振华, 施大全, 黄晶晶, 余团清, 朱志鹏, 王晓六
(福建省海安橡胶有限公司, 福建 莆田 351254)

摘要: 研究改性短纤维FB-200在巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明, 在巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中添加适量(4份)的改性短纤维FB-200, 可以提高胶料的定伸应力、抗切割性能和耐磨性能, 降低胶料生热。

关键词: 巨型全钢工程机械子午线轮胎; 胎面胶; 改性短纤维FB-200; 生热; 抗切割性能

巨型全钢工程机械子午线轮胎的载质量大, 工作环境苛刻, 行驶路面不平且有尖锐的碎石块等杂物, 受硬物冲击大, 行驶速度较慢, 经常昼夜连续作业, 胎面易被割伤、刺穿、出现崩花掉块和热剥离等现象。因此, 巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶的性能要求是耐磨、抗切割、抗刺扎、抗崩花掉块、耐热、弹性好和硬度高等, 这些性能要求在配方设计中很难同时满足, 因此应根据轮胎的不同工况条件设计相应的配方。

改性短纤维FB-200是一种功能性橡胶用新材料, 微观长径比为1:6~1:10, 在胶料中能增大长度方向的刚性, 在降低胶料生热的同时提高力学性能, 改进胶料的耐磨性能和抗切割性能。由于改性短纤维FB-200表面的极性基团在混炼过程中产生的反应中间体会与炭黑颗粒起化学反应, 降低填料-填料之间的相互作用(增强培恩效应), 减小胶料内摩擦, 因此能改善胶料的滞后性能。为得到最佳的胶料性能, 本研究采用适合的炼胶工艺使改性短纤维FB-200与填料和橡胶分子充分反应(在140℃下反应一定时间)。

本工作主要研究改性短纤维FB-200在巨型全钢工程机械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), 3#烟胶片, 泰国产品; 氧化锌, 泉州中泰锌业有限公司产品; 炭黑N220, 卡博特化工(天津)有限公司产品; 改性短纤维FB-200, 厦门宝橡橡塑材料有限公司产品; 硅烷偶联剂X50-S, 赢创岚星化学工业有限公司产品。

1.2 试验配方

生产配方: NR, 100; 炭黑N220, 40; 白炭黑, 10; B型防护蜡, 1.5; 硅烷偶联剂X50-S, 2; 氧化锌, 3; 防老剂4020/RD, 3; 增塑剂A50P, 2; 其他, 8。

试验配方: 配方A除添加4份改性短纤维FB-200, 配方B除添加6份改性短纤维FB-200外, 其余与生产配方相同。

1.3 主要设备与仪器

X(S)M-1.5×(10~100)型智能实验密炼机和XK-160开炼机, 大连橡胶塑料机械股份有限公司产品; GK-270N型密炼机和GK-400N型密炼机, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品; GT-M2000A型无转子硫化仪, 高铁检测仪器有限公司产品; LX-A型硬度计和401A型热老化试验箱, 江都精诚测试仪器厂产品; 平板硫化机, 泉州金鹰机

械有限公司产品；UT-2080型拉力试验机，台湾优肯科技股份有限公司产品；橡胶压缩生热试验机，北京澳玛琦科技发展有限公司产品；RCC-I型橡胶动态抗切割试验机，北京万汇一方科技发展有限公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料混炼分3段进行。一段和二段混炼在X(S)M-1.5×(10~100)型密炼机中进行，一段混炼(初始转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$)工艺为：生胶→部分炭黑、白炭黑及改性短纤维FB-200、部分小料→温度达到 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时转速降至 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ →提压砣 90 s →转速升至 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ →压砣→排胶 [$(155\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$]，最高胶温不超过 $165\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；二段混炼转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，工艺为：一段混炼胶→剩余炭黑及小料→排胶 [$(140\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$]。三段混炼在开炼机上进行，工艺为：二段混炼胶→硫黄、促进剂→薄通→下片(辊距 2.0 mm ，辊温 $25\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，胶温不高于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$)。各段混炼胶停放时间不少于 8 h 。

大配合试验胶料混炼分4段进行。一段、二段、三段混炼在GK-400N型密炼机中进行，转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，一段混炼为塑炼，工艺为：3#烟胶片→塑炼→排胶($140\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$)；二段、三段混炼工艺分别与小配合试验一段、二段混炼工艺相同。四段混炼在GK-270N型密炼机中进行，转子转速为 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，工艺为：三段混炼胶→硫黄、促进剂→排胶($90\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$)。各段混炼胶停放时间不少于 8 h 。

1.5 性能测试

抗切割性能采用橡胶动态抗切割试验机进行测试，按企业标准执行，转速 $720\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，冲击频率 120 min^{-1} ，切割损失率用试验前后试样质量损失率表征。胶料其它各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 理化性能

改性短纤维FB-200的理化性能如表1所示。从

表1 改性短纤维FB-200的理化分析结果

项目	实测值	企业标准
外观	白色	白色至淡黄色粉末
筛余物含量(筛孔直径100目)/%	0.86	≤ 1.0
pH值	9.2	8.5~10.5

表1可以看出，改性短纤维FB-200的理化性能均达到企业标准要求。

2.2 小配合试验

2.2.1 硫化特性

小配合试验胶料的硫化特性如表2所示。从表2可以看出：与生产配方胶料相比，试验配方胶料的 M_L 和 M_H 较大；改性短纤维用量增大， M_L 和 M_H 增大；试验配方胶料的焦烧时间比生产配方胶料长，加工安全性较好；试验配方A胶料硫化速度比生产配方胶料慢，改性短纤维用量较大的试验配方B胶料的焦烧时间较短，硫化速度略快。

表2 小配合试验胶料的硫化特性($143\text{ }^{\circ}\text{C}$)

项目	试验配方A	试验配方B	生产配方
M_L (dN·m)	6.13	7.09	5.08
M_H (dN·m)	37.60	38.17	33.45
t_{10} /min	11.06	10.11	9.50
t_{50} /min	17.14	16.01	16.21
t_{90} /min	30.33	28.56	29.10
t_{100} /min	82.48	81.20	80.30

2.2.2 物理性能

添加改性短纤维FB-200的胶料混炼到 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并且至少继续混炼 90 s 是为了使改性短纤维能够更好地与填料发生化学反应，填料的羧基自由基与橡胶分子发生化学反应，重新结合聚合物自由基和炭黑自由基，还可以使改性短纤维在胶料中更好地分散，使胶料达到最佳的物理性能。

小配合试验胶料的物理性能如表3所示。从表3可以看出：与生产配方胶料相比，试验配方A胶料的硬度、定伸应力、拉伸强度增大，压缩生热降低，切割损失率和阿克隆磨耗量减小，分析认为，添加的改性短纤维FB-200能提高长度方向的刚性，在混炼过程中产生的反应中间体与炭黑颗粒

表3 小配合试验胶料的物理性能

项目	试验配方A		试验配方B		生产配方	
	正硫化 ¹⁾	过硫化 ²⁾	正硫化 ¹⁾	过硫化 ²⁾	正硫化 ¹⁾	过硫化 ²⁾
邵尔A型硬度/度	68	70	68	71	66	68
100%定伸应力/MPa	2.70	2.76	2.89	3.13	2.61	2.55
300%定伸应力/MPa	13.41	14.06	13.95	14.92	13.20	13.52
拉伸强度/MPa	26.60	28.46	25.02	26.39	26.35	27.01
拉断伸长率/%	532	515	487	480	537	557
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	44	45	43	43	44	45
切割损失率/%	8.10	7.05	9.01	9.88	8.23	7.97
压缩生热 ³⁾ /℃	36.00	38.93	38.75	41.47	38.46	41.95
阿克隆磨耗量/cm ³		0.77		0.79		0.80
100℃×36h老化后						
邵尔A型硬度/度	70	71	70	71	67	69
100%定伸应力/MPa	3.67	3.34	4.02	3.83	3.52	3.31
300%定伸应力/MPa	15.43	14.67	16.20	15.26	15.32	14.55
拉伸强度/MPa	22.18	22.82	21.32	20.12	21.51	21.89
拉断伸长率/%	436	443	412	408	430	453
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	41	43	40	42	41	42
切割损失率/%	5.92	4.23	6.23	5.86	5.62	5.31
压缩生热 ³⁾ /℃	37.80	41.10	39.90	43.20	39.20	43.80

注: 1) 143℃×50min; 2) 143℃×120min; 3) 冲程4.45mm, 负荷1MPa, 温度55℃, 压缩频率30Hz。

发生化学反应, 使胶料交联密度提高, 物理性能改善, 而且改性短纤维FB-200是经过化学改性的产品, 表面活性大, 与填料表面的相互作用降低了填料-填料之间的相互作用, 因而减小了胶料内部的摩擦, 使胶料的滞后性能得以改善; 改性短纤维用量较大的试验配方B胶料的定伸应力较大, 但拉伸强度和拉断伸长率较小、耐热性能和抗切割性能较差, 这可能与胶料含胶率降低以及短纤维分散性不好有关。

2.3 大配合试验

为了进一步验证改性短纤维FB-200在巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中的应用效果, 选择试验配方A进行大配合试验。

2.3.1 硫化特性

大配合试验胶料的硫化特性如表4所示。从表4

可以看出, 大配合试验结果与小配合试验结果基本一致。

表4 大配合试验胶料的硫化特性 (143℃)

项目	试验配方A	生产配方
M_L /(dN·m)	5.79	5.42
M_H /(dN·m)	32.17	31.68
t_{10} /min	10.38	10.04
t_{50} /min	17.05	16.19
t_{90} /min	29.02	27.57
t_{100} /min	72.56	71.45

2.3.2 物理性能

大配合试验硫化胶的物理性能如表5所示。从表5可以看出, 大配合试验结果与小配合试验结果基本一致。

表5 大配合试验硫化胶的物理性能

项目	试验配方A		生产配方	
	正硫化 ¹⁾	过硫化 ²⁾	正硫化 ¹⁾	过硫化 ²⁾
邵尔A型硬度/度	69	69	67	69
100%定伸应力/MPa	2.46	2.41	2.27	2.38
300%定伸应力/MPa	12.88	12.90	11.62	12.79
拉伸强度/MPa	26.04	26.83	25.75	25.78
拉断伸长率/%	543	513	555	529
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	33	33	31	32
切割损失率/%	7.16	7.98	7.30	8.73
阿克隆磨耗量/cm ³		0.85		1.07
压缩生热 ³⁾ /℃	36.30	39.40	41.20	41.40
100℃×36h老化后				
邵尔A型硬度/度	70	71	68	70
100%定伸应力/MPa	3.66	3.43	3.38	3.08
300%定伸应力/MPa	15.96	15.41	15.71	15.11
拉伸强度/MPa	23.92	23.15	23.45	22.55
拉断伸长率/%	443	434	453	448
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	30	20	31	21
切割损失率/%	5.36	4.77	5.78	5.11
压缩生热 ³⁾ /℃	38.10	41.50	43.50	42.91

注：同表3。

2.4 工艺性能

添加改性短纤维FB-200的试验配方胶料挤出型胶表面光滑、边缘齐整，挤出尺寸稳定性好，工艺性能好。

3 结论

在巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中添加适当(4份)改性短纤维FB-200,可以降低胶料生热,提高轮胎抗切割和耐磨性能,延长轮胎使用寿命。

Application of Modified Short Fiber FB-200 in the Tread Compound of Giant OTR Radial Tire

Huang Zhenhua, Shi Daquan, Huang Jingjing, Yu Tuanqing, Zhu Zhipeng, Wang Xiaoliu
(Fujian Haian Rubber Co., Ltd., Putian 351254, China)

Abstract: The application of modified short fiber FB-200 in the tread compound of giant OTR radial tire was investigated. The experimental testing results showed that with 4 phr of FB-200, the tensile modulus and cut resistance of the compound were improved, and the heat build-up was reduced.

Keywords: giant OTR radial tire; tread compound; modified short fiber FB-200; heat build-up; cut resistance