

芳纶浆粕母粒在全钢工程机械子午线轮胎胎面配方中的应用

高丽萍¹, 毛建清², 黄 凯²

(1. 杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 研究芳纶浆粕母粒在全钢工程机械子午线轮胎胎面配方中的应用。结果表明, 在全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中使用芳纶浆粕母粒, 胶料硬度和定伸应力增大, 拉伸强度和拉伸伸长率减小, 轮胎生热虽略有提高, 但抗切割性能改善, 轮胎的使用寿命延长。

关键词: 芳纶浆粕母粒; 全钢工程机械子午线轮胎; 胎面; 抗切割性能

中图分类号: TQ330.38⁺3; U463.341⁺.5/.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2018)00-0000-04

芳纶浆粕母粒是采用芳纶短纤维在橡胶中预分散制备而成的复合材料。芳纶是一种高科技特种纤维, 具有超高强度、高模量、耐高温、耐酸碱和质量轻等优良性能, 同时具有良好的绝缘性和耐老化性能, 拥有较长的生命周期。选取长径比适宜的短纤维与橡胶结合过程中有序取向, 短纤维补强胎面胶的取向(排列)有3种可能: 径向取向, 即短纤维沿轮胎半径方向取向, 垂直于路面; 周向取向, 即短纤维沿轮胎圆周方向取向; 轴向取向, 即短纤维沿轮胎轴向取向, 也就是沿垂直于周向取向。3种取向均可降低滚动阻力10%~17%。其中, 径向取向既可提高耐磨性能, 大大降低胎面生热量, 又可使轮胎有较高的横向刚度, 改善驾驶的灵活性。

研究表明, 短纤维加入工程机械轮胎胎面胶中, 可提高轮胎的抗崩花掉块性能, 降低裂口扩展速度, 延长轮胎的使用寿命。本工作研究芳纶浆粕母粒在全钢工程机械子午线轮胎胎面配方中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

20[#]天然橡胶(NR), 泰国进口产品; 丁苯橡胶

(SBR), 牌号1500, 中国石油兰州石化分公司产品; 炭黑N234, 卡博特(中国)投资有限公司提供; 白炭黑, 无锡恒诚硅业有限公司产品; 氧化锌, 浙江联华锌品有限公司产品; 硬脂酸, 杭州油脂化工有限公司产品; 防护蜡, 中石化河南油田分公司南阳石蜡精细化工厂产品; 防老剂4020, 中国石化集团南京化工厂产品; 硫黄, 宁波市镇海大方硫黄厂产品; 促进剂NS, 山东尚舜化工有限公司产品; 芳纶浆粕母粒, 嘉兴北化高分子助剂有限公司产品。

1.2 配方

NR 80, SBR1500 20, 炭黑N234 40, 白炭黑 10, 氧化锌 4, 硬脂酸 2, 防护蜡 1, 防老剂4020 2, 防老剂RD 1, 硫黄 1.6, 促进剂NS 1.4, 其他 3.2, 芳纶浆粕母粒 变量。

1[#]—8[#]配方分别添加芳纶浆粕母粒0, 1.25, 2.5, 4, 6, 25, 7.5, 10, 16, 25份。

1.3 主要设备和仪器

XK-160型开炼机, 无锡市第一橡塑机械设备有限公司产品; ML-3 L密炼机, 佰弘机械(上海)有限公司产品; GK255型和GK400型密炼机, 益阳双龙橡塑机械有限公司产品; XLB-D型平板硫化机, 湖州宏桥橡胶机械有限公司产品; MDR2000型橡胶硫化仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; A1-3000-ND型拉力机, 高铁检测仪器有限公司产品; Y3000E型压缩升热试验机, 北京友深电子仪器有限公司产品; RCC-1橡胶动态切割试验机, 北京万汇一方科

作者简介: 高丽萍(1974—), 女, 湖北当阳人, 杭州朝阳橡胶有限公司工程师, 青岛科技大学在职硕士研究生, 主要从事轮胎的技术开发和管理工作。

E-mail: 328031074@qq.com

技有限公司产品;TJR-RR-TB(Y) 轮胎耐久性试验机,天津久荣车轮技术有限公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验在3 L密炼机上进行胶料混炼,转速为 $80 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,混炼工艺为:胶和小料→压压砣30 s→提压砣→加入炭黑→压压砣→ 125°C 提压砣→压压砣→ 150°C 排胶;终炼在XK-160型开炼机上加硫黄和促进剂。

大配合试验胶料分3段混炼。一段混炼在GK400型密炼机上进行,转速为 $55 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,混炼工艺为:胶、小料和2/3炭黑→压压砣→ 125°C 提压砣→ 160°C 排胶;二段混炼在GK400型密炼机上进行,转速为 $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,混炼工艺为:一段混炼胶、1/3炭黑→压压砣→ 160°C 排胶;终炼在GK255型密炼机上进行,转速为 $25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,混炼工艺为:二段混炼胶、硫黄和小料→压压砣50 s→提压砣→压压砣100 s→提压砣→ 102°C 排胶。

1.5 性能测试

各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 理化分析

芳纶浆粕母粒的理化分析结果如表1所示。从表1可以看出,试验所用的芳纶浆粕母粒符合技术指标。

表1 芳纶浆粕母粒的理化分析结果

项 目	技术指标	实测值
外观	黄色颗粒	黄色颗粒
比表面积/ $(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	≤ 14	12
纤维长度/mm	1~2	1.6
纤维直径/ μm	≤ 100	91
水分质量分数/ $\times 10^2$	4~8	5

芳纶短纤维(见图1)与橡胶的结合不好;经过表面处理后的芳纶短纤维(见图2)与橡胶的结合加强,提高了硫化胶的物理性能和耐磨性能,但在胶料中的分散较困难;预分散芳纶浆粕母粒(见图3)通过预分散处理,解决了芳纶在胶料中分散困难的问题,为批量工业化运用提供了基础。

2.2 小配合试验

小配合在试验室3 L密炼机上进行无硫段混炼,在开炼机上手动加硫,检测结果如表2所示。



图1 芳纶短纤维



图2 表面处理后的芳纶短纤维



图3 预分散芳纶浆粕母粒

从表2可以看出:随着芳纶浆粕母粒用量的增大, $F_{\max}$ 逐渐增大, t_{90} 有所延长,硬度和定伸应力增大,拉伸强度和拉断伸长率呈减小趋势,压缩生热增大;耐磨和抗切割性能在芳纶浆粕母粒用量为4份时较好;老化后情况与老化前基本一致。

2.3 大配合试验

因小配合试验数据4[#]配方耐磨及抗切割性能较好,所以大配合试验选4[#]配方进行对比试验。试验配方和生产配方大配合试验结果如表3所示。

从表3可以看出,与生产配方胶料相比,试验配方胶料的硬度、定伸应力略有提高,拉伸强度和拉断伸长率稍下降,耐磨和抗切割性能有所提高,压缩生热略有提高。

2.4 胎面缠绕试验

使用试验胶料进行14.00R25规格胎面缠绕

表2 小配合试验结果

项 目	配方编号							
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
门尼粘度[ML(1+4) 100 ℃]	48	50	47	47	46	44	38	39
门尼焦烧时间 t_5 (127 ℃)/min	19.8	19.8	21.3	21.2	22.5	23.0	26.0	24.6
硫化仪数据(151 ℃)								
F_L /(dN·m)	1.83	1.95	1.85	1.87	1.88	1.82	1.70	1.69
F_{max} /(dN·m)	16.53	16.57	16.78	16.85	16.96	17.05	17.21	17.47
t_{10} /min	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	5.4	5.1
t_{90} /min	12.0	11.5	11.7	12.0	12.4	12.5	13.2	13.0
硫化胶性能(151 ℃×30 min)								
密度/(Mg·m ⁻³)	1.139	1.139	1.138	1.138	1.139	1.140	1.146	1.135
邵尔A型硬度/度	64	66	66	70	72	75	75	78
50%定伸应力/MPa	1.4	1.7	2.1	2.8	4.0	4.5	6.1	6.0
100%定伸应力/MPa	2.4	2.8	3.0	3.6	4.6	5.2	6.5	7.2
200%定伸应力/MPa	6.3	6.4	6.3	6.8	7.3	7.6	8.6	9.4
300%定伸应力/MPa	11.9	11.8	11.5	11.8	12.3	12.2	13.1	13.5
拉伸强度/MPa	26.5	25.1	23.2	23.5	23.3	21.0	17.4	15.2
拉断伸长率/%	569	551	521	528	513	475	388	340
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	146	142	136	134	124	112	100	79
压缩生热 ¹⁾ /℃	140.5	142.6	145.8	146.2	148.9	150.9	152.3	161.7
DIN磨损指数 ²⁾ /%	91.4	94.9	97.7	98.8	93.3	91.0	85.7	89.6
切割减量 ³⁾ /g	1.75	1.77	1.83	1.61	2.17	2.36	2.74	3.14
100 ℃×48 h老化后								
邵尔A型硬度/度	70	71	71	75	74	77	77	81
50%定伸应力/MPa	1.9	2.2	2.9	3.6	4.9	5.7	7.2	7.8
100%定伸应力/MPa	3.5	3.8	4.2	4.7	5.8	6.3	7.7	8.2
200%定伸应力/MPa	9.0	9.1	9.1	9.6	10.2	10.0	10.1	10.1
300%定伸应力/MPa	15.6	15.5	15.5	15.8	16.1	15.5	14.8	11.4
拉伸强度/MPa	23.9	24.2	22.8	22.5	21.6	20.0	17.0	13.7
拉断伸长率/%	446	459	430	422	403	387	347	288
DIN磨损指数 ²⁾ /%	86.5	90.5	87.9	89.8	85.9	84.7	85.1	90.5
切割减量 ³⁾ /g	3.74	3.92	3.89	3.63	3.89	3.47	3.85	4.11

注:1) 试验条件:冲程 4.45 mm, 负荷 245 N, 温度 100 ℃。2) 磨损量与标准胶磨损量的比值。3) 转速 725 r·min⁻¹, 切割频率 100 次·min⁻¹, 测试时间 30 min。

表3 大配合试验结果

项 目	试验配方	生产配方	项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4) 100 ℃]	63	65	撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	125	134
门尼焦烧时间 t_5 (127 ℃)/min	21.4	20.5	压缩生热 ¹⁾ /℃	144.5	141.8
硫化仪数据(151 ℃)			阿克隆磨耗量/cm ³	0.291	0.303
F_L /(dN·m)	2.11	2.12	切割减量 ²⁾ /g	1.61	1.68
F_{max} /(dN·m)	17.28	17.24	60 ℃时的损耗因子	0.201	0.199
t_{10} /min	4.5	4.3	80 ℃时的损耗因子	0.176	0.183
t_{90} /min	11.1	11.0	100 ℃×48 h老化后		
硫化胶性能(151 ℃×30 min)			邵尔A型硬度/度	74	69
密度/(Mg·m ⁻³)	1.129	1.136	50%定伸应力/MPa	3.2	1.8
邵尔A型硬度/度	68	63	100%定伸应力/MPa	4.5	3.5
50%定伸应力/MPa	2.4	1.4	200%定伸应力/MPa	10.2	9.8
100%定伸应力/MPa	3.1	2.3	300%定伸应力/MPa	17.5	17.4
200%定伸应力/MPa	7.0	6.4	拉伸强度/MPa	22.8	23.4
300%定伸应力/MPa	13.2	12.6	拉断伸长率/%	371	394
拉伸强度/MPa	25.6	26.4	阿克隆磨耗量/cm ³	0.335	0.344
拉断伸长率/%	512	536	切割减量 ²⁾ /g	3.57	3.68

注:1) 试验条件:冲程 4.45 mm, 负荷 245 N, 温度 100 ℃。2) 转速 725 r·min⁻¹, 切割频率 100 次·min⁻¹, 测试时间 30 min。

生产,由于芳纶浆粕母粒的应用,挤出胶条尺寸稳定,外观光洁平整,未硫化胶的生胶强力提高,缩短了胎面缠绕的时间,提高了成型生产效率。

2.5 成品室内耐久性试验

对使用试验胶料的14.00R25 CB771规格试验轮胎进行室内耐久性对比试验,结果如表4所示。

表4 室内耐久性试验结果

项 目	试验轮胎	生产轮胎
累计行驶时间/h	79.5	82.8
累计行驶里程/km	1 989.2	2 070.5
试验结束时轮胎状况	胎冠起鼓	胎冠起鼓

注:参照GB/T 30193—2013进行试验,试验条件为标准气压700 kPa,额定负荷为5 800 kg,试验速度为25 km·h⁻¹,分别在65%,85%,100%,110%,120%,130%和140%负荷率下运行7,16,24,5,5和20 h,然后负荷率保持在140%至轮胎损坏。

从表4可以看出,试验轮胎的累计行驶时间缩短了3.3 h,试验配方胶料的抗切割性能提高,生热

温度同时增大,因此耐久性能略有降低。

2.6 轮胎路试

使用试验胎面配方生产的14.00R25 CB771规格轮胎发往西安石灰矿进行实际道路试验。胎面胶料抗切割性能改善后,轮胎在实际使用过程中未出现因生热增加而产生的肩空冠空等早期损坏现象,抗切割性能有所改善,胎面磨损均匀,表面平整,平均使用寿命由原来的约100天,延长到约120天。

3 结论

在全钢工程机械子午线轮胎的胎面配方中使用芳纶浆粕母粒,胶料抗切割性能有所提高,虽然生热略有提高,但实际使用过程中未出现生热引起的早期肩空冠空现象,延长了全钢工程机械子午线轮胎的使用寿命。

收稿日期:2018-02-26

Application of Aramid Pulp Masterbatch in Tread Compound of All-steel Off-The-Road Radial Tire

GAO Liping¹, MAO Jianqing², HUANG Kai²

(1. Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd., Hangzhou 310018, China; 2. Zhongce Rubber Group Co., Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: The application of aramid pulp masterbatch in the tread compound of all-steel off-the-road radial tire was investigated. The results showed that, when the aramid pulp masterbatch was used in the tread compound of all-steel off-the-road radial tire, the hardness and tensile stress of the compound were increased, and the tensile strength and elongation at break were decreased. The heat build-up of the tire was slightly increased. However, the cutting resistance of the tire was improved, and the service life of the tire was extended.

Key words: aramid pulp masterbatch; all-steel off-the-road radial tire; tread compound; cutting resistance