

芳纶短纤维在轮胎性能改进中的应用

徐世传¹, 孙徐伟², 余 锋²

(1. 杭州中策橡胶有限公司新安江分公司, 浙江 新安江 311607; 2. 中策清泉实业有限公司, 浙江 富阳 311402)

摘要: 通过研究芳纶短纤维对天然橡胶(NR)性能的影响, 探讨芳纶短纤维在轮胎性能改进中的应用。结果表明: 芳纶短纤维可以提高NR胶料300%定伸应力和撕裂强度; 可以改善胎侧胶的抗刺扎性能和抗切割性能, 胎侧胶添加芳纶短纤维的矿山轮胎使用寿命延长; 芳纶短纤维在胎侧胶中的适合用量为3~4份。

关键词: 芳纶短纤维; 轮胎; 胎侧; 天然橡胶; 抗刺扎性能; 抗切割性能

随着橡胶应用领域和使用条件的扩展, 对橡胶制品性能提出了更多特殊要求, 如高导电、高导热、低滞后、防静电、隔音消声、热辐射屏蔽、抗刺扎、抗切割、耐侧向变形等。本工作针对矿山及建筑工地车辆用轮胎抗刺扎性能和抗切割性能好的要求, 进行了芳纶短纤维在橡胶中的应用研究。

1 实验

1.1 原材料

天然橡胶(NR), SCR1, 海南农垦集团产品; 丁苯橡胶(SBR), 牌号1500, 中国石油吉林石化公司产品; 顺丁橡胶(BR), 牌号9000, 中国石化上海高桥石化公司产品; 芳纶短纤维, 美国杜邦公司产品; 炭黑N220, N234, N375和N660, 富春江化工有限公司产品; 炭黑N550, 苏州宝化

炭黑有限公司产品; 其余原材料均为市售品。

1.2 主要仪器与设备

XK-160型开炼机和50 t平板硫化机, 湖州橡胶机械厂产品; F370型密炼机, 大连冰山橡塑股份有限公司产品; MDR2000型硫化仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; WGJ-2500B II型电子拉力机, 桂林奥峰电器制造有限公司产品; GT-7012型磨耗试验机, 高铁检测仪器有限公司产品; 抗刺扎试验机, 自制专利产品。

1.3 配方

1.3.1 芳纶短纤维在NR胶料中的应用试验配方

芳纶短纤维用量和长度对NR胶料性能影响的试验配方分别如表1和表2所示。

表1 芳纶短纤维用量对NR胶料性能影响的试验配方

份

组 分	F-0配方	F-1配方	F-2配方	F-3配方	F-4配方	F-5配方
NR	100	100	100	100	100	100
氧化锌	4	4	4	4	4	4
硬脂酸	2	2	2	2	2	2
防老剂4020	2	2	2	2	2	2
防老剂RD	1	1	1	1	1	1
芳纶短纤维	0	1	2	3	4	5
促进剂NS	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
硫黄	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
炭黑N220	50	50	50	50	50	50
操作油	6	6	6	6	6	6

表2 芳纶短纤维长度对NR胶料性能影响的试验配方 份

组 分	TF-1配方	TF-2配方
NR	100	100
氧化锌	4	4
硬脂酸	2	2
防老剂4020	2	2
防老剂RD	1	1
长度1.5 mm芳纶短纤维	5	0
长度3.0 mm芳纶短纤维	0	5
硫黄和促进剂	3.4	3.4
炭黑	50	50
软化剂与其他	8	8

1.3.2 芳纶短纤维在矿山轮胎胎侧胶中的应用试验配方

芳纶短纤维在矿山轮胎胎侧胶中的应用试验配方如表3所示。

表3 芳纶短纤维在矿山轮胎胎侧胶中的应用试验配方 份

组 分	T-0 (生产配方)	T-1 (试验配方)
NR/BR/SBR	100	100
氧化锌	4	4
硬脂酸	2	2
防老剂4020	2	2
防老剂RD	1	1
石蜡	3	3
芳纶短纤维	0	4
硫黄和促进剂	2.85	2.85
防焦剂CTP	0.2	0.2
炭黑与填料	75	75
软化剂和其他	20	20

1.4 混炼工艺

NR胶料混炼在XK-160型开炼机上进行,混炼工艺为:生胶薄通7次→小料、炭黑→左、右割刀3次,打3次三角包→硫黄和促进剂→左、右割刀3次,打3次三角包→左、右割刀3次,下片(胶片厚2.5 mm)。

中试胎侧胶混炼在F370型密炼机中进行,混炼工艺为:生胶→小料、炭黑→压砣→提砣→软化剂→压砣→达到规定的时间和温度时排胶。

1.5 性能测试

胶料各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 芳纶短纤维用量对NR胶料性能的影响

芳纶纤维是液晶高分子材料,芳纶(聚对苯二甲酰对苯二胺)的分子结构如图1所示。芳纶纤维以超高的强力和超低的变形性能成为21世纪的热门研究材料。

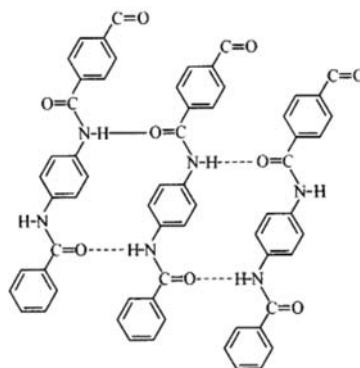


图1 芳纶分子结构

2.1.1 抗刺扎性能

鉴于芳纶纤维极高的强力性能,本课题希望通过研究芳纶短纤维对轮胎用主要胶种NR性能的影响,找到提高轮胎抗刺扎性能与抗切割性能的新方法。

由于到目前为止尚未有测试橡胶抗刺扎性能的设备与仪器,为拓展研究,本工作试制了本公司的专利产品——橡胶抗刺扎性能试验机(如图2所示)。



图2 橡胶抗刺扎性能试验机

芳纶短纤维用量对NR胶料抗刺扎性能的影响如图3所示。可以看出:芳纶短纤维用量在1~4份的范围内,胶料刺扎耗损量近似线性下降,抗刺扎性能显著提高;芳纶短纤维用量在5份以上,胶料刺扎耗损量又呈增大趋势。因此对抗刺扎性能而言,

芳纶短纤维在NR胶料中的适合用量为3~4份,这一结果与国内外报道的相关结果基本吻合。

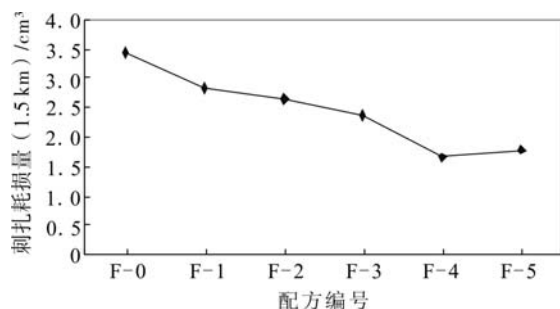


图3 芳纶短纤维用量对NR胶料抗刺扎性能的影响

2.1.2 物理性能

芳纶短纤维用量对NR胶料物理性能的影响如表4所示。可以看出:虽然添加芳纶短纤维后NR胶料抗刺扎性能有一定提高,但遗憾的是,胶料综合物理性能有所下降。

芳纶短纤维用量增大, NR胶料300%定伸应力、拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度的变化趋势如图4~7所示。

从图5可以看出:随着芳纶短纤维用量增大, NR胶料的拉伸强度呈下降趋势,当芳纶短纤维用量为1~4份时,拉伸强度下降2.6~1.7 MPa;当芳纶

表4 芳纶短纤维用量对NR胶料物理性能的影响

项 目	F-0配方	F-1配方	F-2配方	F-3配方	F-4配方	F-5配方
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12
邵尔A型硬度/度	66	68	71	73	74	76
300%定伸应力/MPa	14.4	14.4	15.6	22	17.2	17.2
拉伸强度/MPa	24.6	22.0	22.6	22.0	22.9	20.6
拉断伸长率/%	466	425	408	390	385	363
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	48	62	64	59	59	58
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.20	0.24	0.25	0.17	0.20	0.20

注:胶料硫化条件 $143\text{ }^{\circ}\text{C} \times 45\text{ min}$,芳纶短纤维长度1.5 mm。

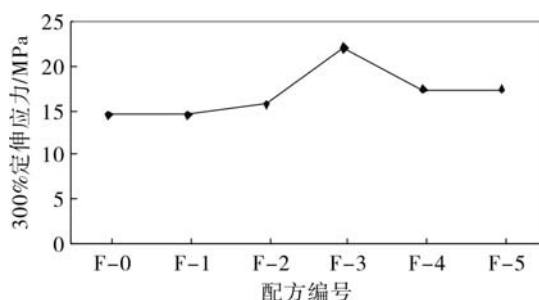


图4 芳纶短纤维用量与NR胶料300%定伸应力的关系

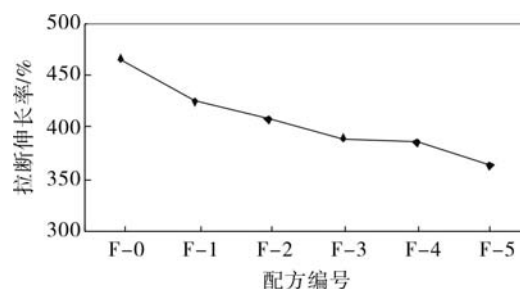


图6 芳纶短纤维用量与NR胶料拉断伸长率的关系

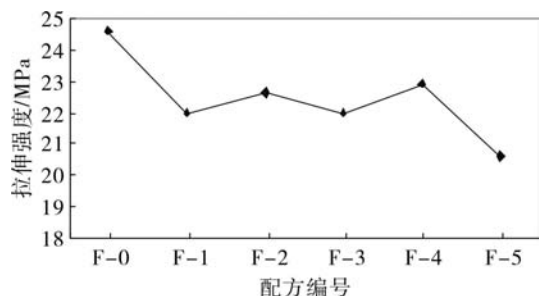


图5 芳纶短纤维用量与NR胶料拉伸强度的关系

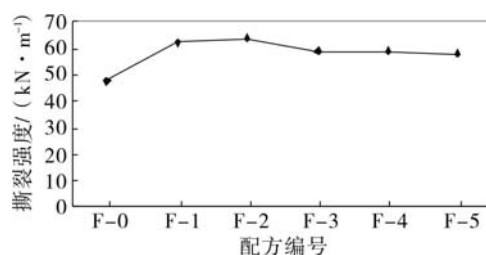


图7 芳纶短纤维用量与NR胶料撕裂强度的关系

短纤维用量为5份时, 拉伸强度剧烈下降4 MPa, 这种拉伸强度劣化现象可能与芳纶极规整的液晶结构、纤维的空间位阻及相差极大的熵值减弱了NR在拉伸过程中的自补强作用有关。

从图6和7可以看出: 随着芳纶短纤维用量增大, NR胶料的拉断伸长率近似线性减小; 有意义的是, 随着芳纶短纤维用量增大, NR胶料的撕裂强度增大, 在芳纶短纤维用量为2份时达到最大, 继续增大芳纶短纤维用量, NR胶料撕裂强度又逐渐回落, 但添加芳纶短纤维的NR胶料撕裂强度始终高于未添加芳纶短纤维的NR胶料, 这一特性可以用于改善矿山轮胎抗尖锐物切割性能, 这是本研究的最大亮点。

添加芳纶短纤维的另一个好处是: 随着芳纶短纤维用量增大, NR胶料的300%定伸应力提高, 并在芳纶短纤维用量为3份时达到最大; 芳纶短纤维用量超过4份后, NR胶料的300%定伸应力又逐渐下降(如图4所示)。

2.2 芳纶短纤维长度对NR胶料性能的影响

芳纶短纤维长度对NR胶料性能的影响如表5所示。可以看出: 添加长度1.5 mm芳纶短纤维与添加长度3.0 mm芳纶短纤维的NR胶料物理性能基本相当; 添加长度3.0 mm芳纶短纤维的NR胶料抗刺扎性能略优于添加长度1.5 mm的芳纶短纤维胶料, 但差值很小; 值得注意的是, 添加长度3.0 mm芳纶短纤维的NR胶料工艺性能远差于添加长度1.5 mm芳纶短纤维的NR胶料。在后续的成品轮胎试验中, 考虑到工艺性能, 选择长度1.5 mm芳纶短纤维。

表5 芳纶短纤维长度对NR胶料性能的影响

项 目	TF-1配方	TF-2配方
邵尔A型硬度/度	71	69
300%定伸应力/MPa	15.0	14.8
拉伸强度/MPa	19.9	19.6
拉断伸长率/%	372	367
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	74	65
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.23	0.26
刺扎损耗量(1.5 km)/ cm^3	1.78	1.75
工艺性能	尚可	差

注: 胶料硫化条件 $143^\circ\text{C} \times 45 \text{ min}$ 。

2.3 芳纶短纤维对胎侧胶性能的影响

芳纶短纤维对矿山轮胎胎侧胶性能的影响见

表6。可以看出: 添加4份芳纶短纤维后, 胎侧胶硬度、300%定伸应力、抗撕裂性能提高, 拉断伸长率下降, 其它物理性能基本相近; 有实际意义的是, 添加芳纶短纤维的胎侧胶抗刺扎性能有较大幅度的提高, 刺扎损耗量由 3.52 cm^3 下降到 2.51 cm^3 , 刺扎损耗率降低29%。

表6 芳纶短纤维对矿山轮胎胎侧胶性能的影响

项 目	T-0配方	T-1配方
邵尔A型硬度/度	62	70
300%定伸应力/MPa	5.6	8.4
拉伸强度/MPa	13.2	13.3
拉断伸长率/%	650	488
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	67	74
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.43	0.42
刺扎损耗(1.5 km)/ cm^3	3.52	2.51

注: 同表4。

本工作试制了一批在胎侧胶中添加芳纶短纤维的矿山轮胎, 这批轮胎进行1个月的矿山实际里程试验, 作业现场如图8所示, 试验结束后的轮胎外观如图9和10所示。可以看出: 添加芳纶短纤维的轮胎胎侧割伤比较轻, 完全不影响轮胎正常使用; 未添加芳纶短纤维的轮胎胎侧受尖锐物割伤十分明显, 已无法正常使用。



图8 矿山轮胎作业现场

3 结论

(1) 添加芳纶短纤维后, NR胶料的抗刺扎性能提高, 拉伸强度和拉断伸长率有一定的降低, 但芳纶短纤维用量在一定范围内, NR胶料300%定伸



图9 胎侧胶添加芳纶短纤维的轮胎使用1个月后外观
应力和撕裂强度有一定程度提高。

(2) 芳纶短纤维可以改善胎侧胶的抗刺扎性能与抗切割性能, 胎侧胶添加芳纶短纤维的矿山轮



图10 胎侧胶未加芳纶短纤维的轮胎使用1个月后外观
胎使用寿命延长。

(3) 芳纶短纤维在轮胎胎侧胶中的适合量为3~4份。

Application of Short Aramid Fiber in Tires

Xu Shichuan¹, Sun Xuwei², Yu Feng²

(1. Xinanjiang Branch, Hangzhou Zhongce Rubber Co., Ltd., Xinanjiang 311607, China;

2. Zhongce Qingquan Industrial Co., Ltd., Fuyang 311402, China)

Abstract: The influence of aramid fiber on the properties of natural rubber (NR) was investigated, and application of aramid fiber in tire to improve tire performance was discussed. The results showed that with aramid fiber the modulus at 300% elongation and tear strength of NR compound increased. It was recommended to add 3~4 phr of short aramid fiber in the sidewall compound to improve the puncture resistance and cut resistance. The service life of the mining tire with short aramid fiber reinforced sidewall was extended.

Keywords: aramid fibers; tires; sidewall; natural rubber; puncture resistance; cut resistance

信息·资讯

泰凯英荷泽新厂全面投产

泰凯英轮胎公司宣布, 公司在山东菏泽新建的乘用车轮胎工厂已经结束试生产, 开始满负荷生产, 第1批乘用车轮胎和轻型卡车子午线

轮胎已经下线。该厂的轮胎年产能力为1000万条, 主要面向国内轮胎市场, 产品还包括电动汽车和小型货车的专用轮胎。

鲁迪