

NR/SBR并用胶撕裂性能和动态切割性能的研究

卢江荣, 王玉峰, 闫普选, 黄天环, 栗英亮, 韩飞雪*

(桂林电子科技大学材料科学与工程学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 分析天然橡胶(NR)/丁苯橡胶(SBR)并用比对胶料撕裂强度(裤形试样)和动态切割性能的影响。结果表明, 随着SBR用量增大, 试样的撕裂过程由多节撕裂过渡到平稳撕裂, 撕裂强度峰值下降, 谷值上升。NR为连续相时, 胶料易产生长距离撕裂且舌端不容易断裂, 动态切割量大; SBR为连续相时, 胶料割口扩展速度低且舌端容易断裂, 动态切割量小。撕裂强度谷值高的胶料动态切割量小。

关键词: 天然橡胶; 丁苯橡胶; 并用胶; 裤形试样; 撕裂性能; 动态切割性能

轮胎工业广泛采用丁苯橡胶(SBR)与天然橡胶(NR)并用来改善胎面胶的耐磨性能、湿抓着性能和老化性能, 特别是提高工程机械轮胎胎面的抗切割性能, 减少胎面割口引起的轮胎早期失效^[1]。

轮胎胎面胶抗切割性能的研究一般采用轮胎路试的方法^[2-3], 也可以采用实验室橡胶动态切割试验方法^[4]。在橡胶撕裂原理研究中, Hamed G R等^[5]探讨了侧向裂纹偏转的5种类型, 指出侧向裂纹偏转受生胶、炭黑用量、炭黑种类和交联密度的影响^[6-10], 但胎面胶的撕裂性能与抗动态切割性能方面的研究还鲜有报道。

本工作采用机械共混方法制备NR/SBR并用胶, 研究NR/SBR并用比对胶料撕裂性能和动态切割性能的影响, 讨论胎面胶割口形成及扩展机理。

1 实验

1.1 原材料

NR, 越南产品; SBR, 牌号1502, 中国石化吉林石化分公司产品; 炭黑N220, 上海卡博特化工有限公司产品; 其它均为橡胶工业常用原材料。

*通讯联系人。

1.2 配方

NR/SBR, 100; 炭黑N220, 55; 氧化锌和硬脂酸, 5~6.5; 硫化剂和促进剂, 2.8~3.1; 其它, 9~11。

1.3 仪器和设备

XK160型两辊开炼机, 上海橡胶机械厂产品; 250 kN平板硫化机, 无锡市吉象橡塑机械有限公司产品; RCC-1型动态切割试验机, 北京万汇一方科技发展有限公司产品; 电子万能试验机, 上海华龙测试仪器厂产品。

1.4 试样制备

胶料混炼在开炼机上进行, 加料顺序为: 生胶→小料→1/2炭黑→芳烃油→1/2炭黑→促进剂、硫化剂和防焦剂→薄通4次→下片→停放4 h。

1.5 性能测试

1.5.1 撕裂性能

撕裂性能按照ASTM D624—00测试, 试样类型为裤形试样。

1.5.2 动态切割性能

动态切割试验示意图1。试样尺寸: $\Phi 50$ mm $\times$ 12 mm; 试验条件: 合金刀冲击频率120次 $\cdot$ min⁻¹, 冲程(48 $\pm$ 1) mm, 刀尖夹角60°, 刀

锋利度(0.015~0.020) mm, 刀对试样的静态负荷(475 ± 5) g, 旋转速度 $720 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。用切割时间5 min, 10 min和20 min的试样体积与初始试样体积差表征抗动态切割性能。

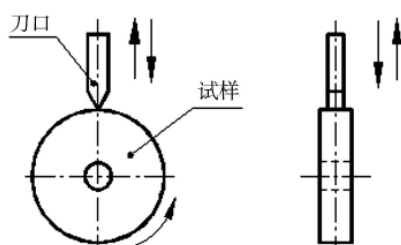


图1 动态切割试验示意

2 结果与讨论

2.1 撕裂性能

不同NR/SBR并用比胶料裤形试样撕裂试验后的外观见图2。



图2 不同NR/SBR并用比胶料裤形试样撕裂试验后外观

可以看出, NR/SBR并用比为100/0, 70/30和50/50时, 试样撕裂边缘呈锯齿状, 这是因为NR为连续相, 分子链排列较规整, 应力和应变诱发结晶增强, 在裂纹尖端附近形成微晶使裂口钝化。撕裂过程中随着外力增大, 裂纹沿晶界扩展, 撕裂强度达到峰值; 一旦裂纹绕过微晶, 裂纹路径发生明显偏转^[11], 裂纹迅速扩展, 撕裂强度降至谷值。NR/SBR并用比为30/70时, NR成为分散相, 对裂纹尖端的钝化作用减小, 裂纹路径偏转减弱; NR/SBR

并用比为0/100时, 由于SBR无应变结晶现象, 因此裂纹扩展路径平滑。

不同NR/SBR并用比胶料撕裂强度峰谷值曲线见图3。

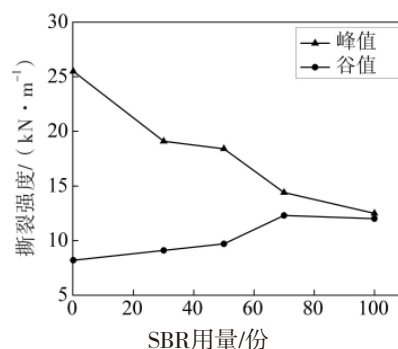


图3 不同NR/SBR并用比胶料撕裂强度峰谷值

可以看出, 随着SBR用量增大, 胶料的撕裂强度峰值逐渐下降, 谷值逐渐上升, 撕裂强度峰谷值曲线由锯齿形的多节撕裂过渡到平稳撕裂^[12]。

当NR为连续相时, 其应变结晶阻止裂纹扩展, 撕裂强度峰值较大; 当裂口路径绕过结晶区时则迅速扩展, 撕裂强度大幅降低形成谷值, 直至裂口尖端形成新的结晶区。

当SBR为连续相时, NR作为分散相, 其应变结晶对裂口尖端的钝化效应减弱, 撕裂强度的峰值和谷值接近, 每次裂纹扩大均在基本恒定的撕裂强度下发生, 使得裂口扩展速度低于NR连续相的胶料。

2.2 动态切割性能

不同NR/SBR并用比胶料动态切割试验后的切割面见图4。

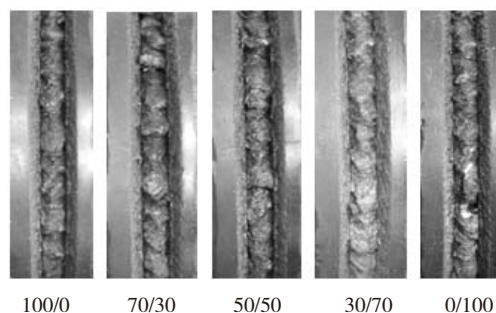


图4 不同NR/SBR并用比胶料动态切割试验后的切割面

可以看出, 刀口反复撞击, 试样表面产生细微切痕, 形成损伤, 即在高应力集中作用下产生撕

裂-拉伸破坏,大颗粒胶料脱离试样表面,造成严重磨损。这实质上是摩擦表面周期性地产生表面裂纹生长和舌端断裂2个过程。

不同NR/SBR并用比胶料老化前后的动态切割量见图5。

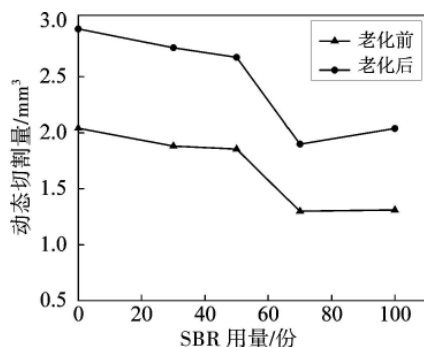


图5 不同NR/SBR并用比胶料老化前后的动态切割量

可以看出,随着SBR用量增大,胶料动态切割量逐渐下降,在NR/SBR并用比为30/70时达到最低值,抗动态切割性能最好。动态切割量取决于割口撕裂扩展的速度和舌端断裂特性。NR为连续相的胶料易产生长距离撕裂,另外由于模量较高,舌端不易断裂,故在动态切割过程中容易造成大颗粒胶料撕裂脱落,动态切割量大;SBR为连续相的胶料由于撕裂强度波动小,不易产生长距离撕裂,另外由于舌端容易断裂,因此动态切割量小,抗动态切割性能好。

不同NR/SBR并用比胶料动态切割量-切割时间关系见图6。

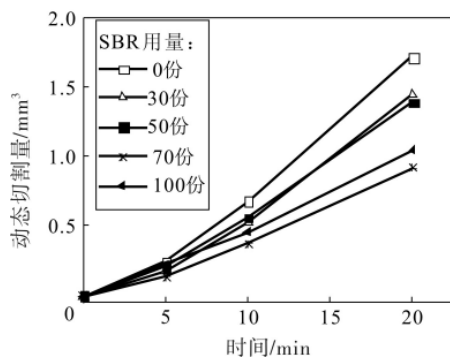


图6 不同NR/SBR并用比胶料的动态切割量-切割时间关系

可以看出,随着切割时间延长,NR为连续相的胶料动态切割量的增幅大于SBR为连续相的胶

料。这与胶料撕裂强度变化结果一致。

3 结论

(1) 随着NR/SBR并用胶中SBR从分散相变成连续相,胶料撕裂强度的峰谷差值逐渐减小。

(2) 随着NR/SBR并用胶中SBR用量增大,其动态切割量逐渐下降,当NR/SBR并用比为30/70时达到最小值,抗动态切割性能最好。

(3) 撕裂强度的谷值与动态切割量相关,即裤形撕裂强度谷值高的胶料动态切割量小。

参考文献:

- [1] 黄春芳.宽基工程机械斜交轮胎胎面胶配方改进[J]. 轮胎工业, 2011, 31(3): 159-162.
- [2] 李可萌, 张洪. 改进胎面胶配方提高工程机械轮胎抗切割性能[J]. 轮胎工业, 2007, 27(9): 552-554.
- [3] 闫卫国, 李森, 张艳丽, 等. CEC在光面抗切割工程机械轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业, 2005, 25(7): 409-411.
- [4] 李明枝. 工程轮胎胎面配方室实验室耐切割性能试验[J]. 世界橡胶工业, 2012, 39(2): 37-42.
- [5] Hamed G R, Al-Shenep A A. Effect of Carbon Black Concentration on Cut Growth in NR Vulcanizates [J]. Rubber Chemistry and Technology, 2003, 76(2): 436-460.
- [6] Hamed G R. Effect of Crosslink Density on the Critical Flaw Size of a Simple Elastomer[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1983, 56(1): 244-251.
- [7] Hamed G R, Park B H. The Mechanism of Carbon Black Reinforcement of SBR and NR Vulcanizates [J]. Rubber Chemistry and Technology, 1999, 72(5): 946-959.
- [8] Hamed B H. Tearing of Vulcanizate Rubber [J]. Rubber Chemistry and Technology, 2005, 78(3): 548-553.
- [9] Hamed B H, Rattanasom N. Effect of Crosslink Density on Cut Growth in Gum Natural Rubber Vulcanizates[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2002, 75(2): 323-332.
- [10] Hamed B H, Rattanasom N. Effect of Crosslink Density on Cut Growth in Black-Filled Natural Rubber

- Vulcanizates[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2002, 75 (5): 935-941.
- [11] Hamed G R, Kim H J, Gent A N. Cut Growth in Vulcanizates of Natural Rubber, Cis-polybutadiens, and a 50/50 Blend During Single and Repeated Extension [J]. Rubber Chemistry and Technology, 1996, 69 (5): 807-818.
- [12] ASTM D624—00, Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers[S].

Tear Strength and Dynamic Cutting Resistance of NR/SBR Blends

Lu Jiangrong, Wang Yufeng, Yan Puxuan, Huang Tianhuan, Li Yingliang, Han Feixue

(School of Materials Science and Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The influence of the blending ratio of natural rubber (NR)/styrene-butadiene rubber (SBR) on the trouser tear strength and dynamic cutting resistance of the blends was studied. It was found that with the increase of the amount of SBR, the tear mechanism showed a transition from stick-slip tearing or knotty tearing to steady tearing, the peak value of tear force decreased and the bottom value increased. When the continuous phase was NR, the compound showed long-range tearing characteristic, the crack tip was relatively hard to be broken and the tear energy under dynamic loading was high. On the other hand, when the continuous phase was SBR, the crack growth rate was low, the crack tip was prone to be broken and the tear energy was relatively low. It was also found that the compound having a higher bottom value of tear force usually possessed lower tearing energy under dynamic loading.

Keywords: natural rubber; styrene-butadiene rubber; blend; trouser type test piece; tear strength; dynamic cutting resistance

信息·资讯

益阳橡机高效节能串联式密炼机获奖

由益阳橡胶塑料机械集团有限公司自主开发的国内首套高效节能串联式密炼机日前获得由中国化工集团颁发的中国化工科学技术二等奖。

近年来,该公司努力使产品向更加节能、降耗、环保方向发展,在一步法炼胶设备研发上迈出了积极的步伐,成功研制出具有自主知识产权的国内首台高效节能串联式密炼机。该

机填补了国内空白,是目前国内乃至国际领先的炼胶设备。首台样机由2台密炼机上、下串联而成。相对于传统的密炼机,该密炼机生产效率可提高50%以上,节电60%以上,极大提高了胶料的分散性和均匀性,从而显著延长了轮胎使用寿命,同时还减少厂房投资和设备投资约30%。

李中宏