

# 云母粉在全钢载重子午线轮胎胎侧胶中的应用

贾振梅<sup>1,2</sup>, 周毅<sup>2</sup>, 石太平<sup>2</sup>

[1. 双钱集团上海轮胎研究所有限公司, 上海 200245; 2. 双钱集团(江苏)轮胎有限公司, 江苏 如皋 226500]

**摘要:**研究云母粉在全钢载重子午线轮胎胎侧胶中的应用。结果表明:在胎侧胶中添加云母粉或偶联剂Si69改性云母粉,胶料的300%定伸应力、拉伸强度和导热性能提高,改性云母粉的补强效果优于云母粉;在胎侧胶中的改性云母粉用量应小于10份,否则对胶料的耐屈挠性能产生不利影响;添加云母粉可以降低轮胎生产成本,轮胎使用性能良好。

**关键词:**云母粉;全钢载重子午线轮胎;胎侧胶;改性;耐屈挠性能

**中图分类号:**TQ330.38<sup>+</sup>3;U463.341<sup>+</sup>3 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-5448(2017)06-32-04

近年来,美国等国家频频出台针对我国轮胎的反倾销政策,同时国内轮胎市场竞争愈加激烈,轮胎行业利润下滑。在保证轮胎性能的前提下,降低成本成为轮胎企业提高经济效益的一种有效方式。因此,价格较低的半补强无机填料在轮胎中的应用受到重视<sup>[1-3]</sup>。

云母粉为片层状结构的硅酸盐,径厚比较大,具有优良的耐热性能和耐酸碱性能,且来源丰富、价格低廉,因此被广泛用于填充聚合物。但云母粉是一种亲水性的非金属矿物材料,其与高聚物界面性质存在差异,难以均匀分散在高聚物中,因此有必要对云母粉进行表面改性处理。方跃胜<sup>[4]</sup>研究了一系列偶联剂对云母粉改性处理,发现偶联剂KH560和Si69对云母粉的改性效果较好。

胎侧是轮胎中变形最大的部位,且长期暴露在外界环境下,因此胎侧胶应具有较好的耐屈挠性能、耐臭氧性能和耐热氧老化等性能。国内轮胎使用经常出现重载现象,如果胎侧胶的模量较低、变形较大,双胎并装时易出现问题,因此在某些使用条件下需提高胎侧胶的模量而不降低其耐屈挠性能。

笔者在前面的工作中研究了云母粉的结构特点和偶联剂改性云母粉的效果。结果表明:偶联剂与云母粉以化学键相互作用,改善了云母粉在硅橡胶中的分散性;云母粉由于较大的厚径比对

硅橡胶起到一定的补强作用<sup>[5]</sup>。本工作研究云母粉及偶联剂改性云母粉对全钢载重子午线轮胎胎侧胶性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),STR20,泰国华泰橡胶有限公司产品;顺丁橡胶(BR),牌号9000,上海金应利化工贸易有限公司提供;云母粉,牌号GM-2,平均径厚比为26,吸油值为398 g·kg<sup>-1</sup>,pH值为6.5;偶联剂Si69改性云母粉(以下简称改性云母粉),某公司产品。

### 1.2 试验配方

添加云母粉和改性云母粉用量对胎侧胶性能影响的试验配方分别见表1和表2。

### 1.3 主要设备与仪器

X(S)K230型开炼机,无锡市神通橡胶机械厂产品;BB370型密炼机,日本神钢公司产品;XLB型

表1 试验配方组一

| 组 分     | 配方编号 |    |    | 份 |
|---------|------|----|----|---|
|         | A1   | A2 | A3 |   |
| NR      | 50   | 50 | 50 |   |
| BR      | 50   | 50 | 50 |   |
| 炭黑      | 50   | 50 | 50 |   |
| 云母粉     | 0    | 5  | 0  |   |
| 改性云母粉   | 0    | 0  | 5  |   |
| 活性剂     | 6    | 6  | 6  |   |
| 防老剂     | 6    | 6  | 6  |   |
| 硫黄/促进剂等 | 8    | 8  | 8  |   |

**作者简介:**贾振梅(1982—),女,江苏徐州人,双钱集团上海轮胎研究所有限公司工程师,硕士,主要从事配方设计与工艺管理工作。

表2 试验配方组二 份

| 组 分     | 配方编号 |    |    |    |
|---------|------|----|----|----|
|         | B1   | B2 | B3 | B4 |
| NR      | 50   | 50 | 50 | 50 |
| BR      | 50   | 50 | 50 | 50 |
| 炭黑      | 50   | 50 | 50 | 50 |
| 改性云母粉   | 0    | 8  | 10 | 15 |
| 活性剂     | 6    | 6  | 6  | 6  |
| 防老剂     | 6    | 6  | 6  | 6  |
| 硫黄/促进剂等 | 8    | 8  | 8  | 8  |

平板硫化机,上海橡胶机械一厂有限公司产品;MDR2000型无转子硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;H10KL型拉力机,美国亚太拉斯有限公司产品;WPD-100型橡胶疲劳龟裂试验机和GT-RH2000型压缩生热试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料在开炼机上进行混炼。加料顺序为:生胶→炭黑和云母粉→活性剂和防老剂等小料→硫黄和促进剂等→下片。

大配合试验胶料在密炼机中分两段进行混炼。一段混炼工艺为:生胶(塑炼)→炭黑和改性云母粉→活性剂和防老剂等小料→排胶(温度为160℃);二段混炼工艺为:一段混炼胶→硫黄和促进剂等→排胶(温度为100℃)。

胶料在平板硫化机上硫化。

1.5 性能测试

压缩疲劳温升采用压缩生热试验机按照GB/T 1687.3—2016《硫化橡胶在屈挠试验中温升和耐疲劳性能的测定 第2部分:压缩屈挠试验》进行测试,圆柱体试样高度为25 mm、直径为18 mm,测试条件为温度 55℃,负荷 25 kg,频率 30 Hz。

胶料其他性能按照相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

2.1.1 添加云母粉对胶料性能的影响

添加云母粉对胶料性能的影响如表3所示。从表3可以看出:与未添加云母粉的A1配方胶料相比,添加5份云母粉的A2配方胶料门尼焦烧时间略有缩短,添加5份改性云母粉的A3配方胶料门尼焦烧时间明显缩短;A2和A3配方胶料的300%定伸应力和拉伸强度略有所提高,说明云母粉具有一定

表3 添加云母粉对胶料性能的影响

| 项 目                          | 配方编号    |         |         |
|------------------------------|---------|---------|---------|
|                              | A1      | A2      | A3      |
| 门尼焦烧时间 $t_5$ (125℃)/min      | 48.33   | 48.18   | 46.10   |
| 硫化仪数据(150℃)                  |         |         |         |
| $F_L$ /(dN·m)                | 1.99    | 1.97    | 2.03    |
| $F_{max}$ /(dN·m)            | 14.63   | 14.90   | 14.94   |
| $t_{10}$ /min                | 8.30    | 8.24    | 8.13    |
| $t_{90}$ /min                | 16.17   | 16.48   | 16.08   |
| 硫化胶性能(150℃×30 min)           |         |         |         |
| 邵尔A型硬度/度                     | 57      | 59      | 59      |
| 300%定伸应力/MPa                 | 7.3     | 7.7     | 8.0     |
| 拉伸强度/MPa                     | 20.4    | 20.6    | 21.2    |
| 拉断伸长率/%                      | 608     | 600     | 595     |
| 压缩疲劳温升/℃                     | 22.3    | 25.3    | 24.8    |
| 屈挠30万次后裂纹等级                  | 0       | 0       | 0       |
| 热导率/[W·(m·K) <sup>-1</sup> ] | 0.277 0 | 0.293 8 | 0.286 6 |
| 100℃×24 h老化后                 |         |         |         |
| 300%定伸应力/MPa                 | 8.9     | 9.4     | 9.7     |
| 拉伸强度/MPa                     | 15.9    | 16.9    | 16.3    |
| 拉断伸长率/%                      | 456     | 488     | 452     |

的补强作用;A3配方胶料的300%定伸应力和拉伸强度略高于A2配方胶料,说明偶联剂Si69改善了云母粉与橡胶的相容性,提高了胶料强度性能;A2和A3配方胶料的压缩疲劳温升提高,这可能是因为填料总用量增大导致的,但同时A2和A3配方胶料的导热性能提高,有利于轮胎在高速行驶过程中及时散热,延长轮胎使用寿命。

2.1.2 改性云母粉用量对胶料性能的影响

改性云母粉用量对胶料性能的影响如表4所示。从表4可以看出:随着改性云母粉用量增大,胶料的硫化速度呈减慢趋势,这可能是由于云母粉属于弱酸性物质,具有延迟硫化的作用;胶料的300%定伸应力呈逐渐增大趋势,添加10份改性云母粉的B3配方胶料的300%定伸应力比B1配方胶料提高了23%,胶料的拉断伸长率呈下降趋势。添加小于10份的改性云母粉,胶料的拉伸强度变化不大,耐热老化能改善,耐屈挠性能不变。因此,改性云母粉用量应小于10份。

2.2 大配合试验

为避免改性云母粉用量过大对胶料耐屈挠性能产生不利影响,对改性云母粉用量为5份的胶料进行大配合试验。大配合试验结果如表5所示。从表5可以看出,与生产配方胶料相比,添加5份改性云母粉的试验配方胶料门尼焦烧时间缩短,300%定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率提高,耐屈

表4 改性云母粉用量对胶料性能的影响

| 项 目                        | 配方编号  |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                            | B1    | B2    | B3    | B4    |
| 门尼焦烧时间 $t_5$<br>(125℃)/min | 37.22 | 38.48 | 39.14 | 37.40 |
| 硫化仪数据(150℃)                |       |       |       |       |
| $F_L$ /(dN·m)              | 2.11  | 2.05  | 2.12  | 2.19  |
| $F_{max}$ /(dN·m)          | 14.45 | 15.24 | 15.45 | 15.74 |
| $t_{10}$ /min              | 6.34  | 6.50  | 6.41  | 6.67  |
| $t_{90}$ /min              | 12.89 | 13.36 | 13.64 | 13.82 |
| 硫化胶性能(150℃×30 min)         |       |       |       |       |
| 邵尔A型硬度/度                   | 56    | 60    | 60    | 63    |
| 300%定伸应力/MPa               | 6.5   | 7.7   | 8.0   | 8.7   |
| 拉伸强度/MPa                   | 20.4  | 20.8  | 20.1  | 19.7  |
| 拉伸伸长率/%                    | 644   | 612   | 592   | 564   |
| 压缩疲劳温升/℃                   | 25.5  | 27.1  | 27.8  | 30.2  |
| 屈挠30万次后裂纹等级                | 0     | 0     | 3     | 4     |
| 100℃×24 h老化后               |       |       |       |       |
| 300%定伸应力/MPa               | 9.1   | 9.4   | 9.5   | 10.2  |
| 拉伸强度/MPa                   | 13.9  | 14.2  | 13.8  | 14.4  |
| 拉伸伸长率/%                    | 421   | 431   | 412   | 416   |

表5 大配合试验结果

| 项 目                        | 试验配方(A3配方) |      |      |      | 生产配方  |      |
|----------------------------|------------|------|------|------|-------|------|
| 门尼焦烧时间 $t_5$<br>(125℃)/min | 27.08      |      |      |      | 31.00 |      |
| 硫化仪数据(150℃)                |            |      |      |      |       |      |
| $F_L$ /(dN·m)              | 2.33       |      |      |      | 2.13  |      |
| $F_{max}$ /(dN·m)          | 15.35      |      |      |      | 14.85 |      |
| $t_{10}$ /min              | 5.35       |      |      |      | 5.79  |      |
| $t_{90}$ /min              | 12.06      |      |      |      | 12.38 |      |
| 硫化时间(150℃)/min             | 15         | 30   | 45   | 15   | 30    | 45   |
| 邵尔A型硬度/度                   | 59         | 58   | 58   | 58   | 57    | 57   |
| 300%定伸应力/MPa               | 7.3        | 7.5  | 7.1  | 7.0  | 7.3   | 6.7  |
| 拉伸强度/MPa                   | 22.6       | 22.2 | 21.0 | 21.6 | 18.7  | 19.7 |
| 拉伸伸长率/%                    | 656        | 644  | 640  | 644  | 576   | 640  |
| 压缩疲劳温升/℃                   | 27.6       |      |      |      | 26.5  |      |
| 屈挠30万次后裂纹等级                | 0          |      |      |      | 0     |      |
| 100℃×24 h老化后               |            |      |      |      |       |      |
| 300%定伸应力/MPa               | 10.3       | 8.9  | 8.2  | 9.6  | 8.7   | 7.7  |
| 拉伸强度/MPa                   | 19.7       | 17.1 | 17.9 | 18   | 16.5  | 15.4 |
| 拉伸伸长率/%                    | 500        | 492  | 541  | 476  | 488   | 504  |

挠性能和耐热老化性能较好,压缩疲劳温升略高。综合来看,试验配方胶料性能优于生产配方胶料。

### 2.3 成本分析

用大配合试验配方试制12.00R20 RLB999全钢载重子午线轮胎并投放市场试用,跟踪反馈的使用效果良好。

由于云母粉价格低廉,添加云母粉的胶料含胶率降低,可以降低生产成本。例如,添加5份改性云母粉的轮胎胎侧胶每千克胶料成本可降低0.19元。

### 3 结论

(1)云母具有一定的补强作用,添加云母粉或改性云母粉的全钢载重子午线轮胎胎侧胶的300%定伸应力和拉伸强度提高,改性云母粉的补强效果优于云母粉。

(2)在胎侧胶中添加5份云母粉或改性云母粉,胶料的导热性能提高。

(3)在胎侧胶中的改性云母粉用量应小于10份,否则会对胶料的耐屈挠性能产生不利影响。

(4)添加云母粉可以降低轮胎生产成本,轮胎使用性能良好。

### 参考文献:

- [1] 冯耀岭,杨辉林,唐兴朝. 绢云母粉在轮胎胶料中的应用研究[J]. 轮胎工业,2001,21(10):604-608.
- [2] 李华峰,韩景军,隋振中. 绢云母粉在斜交轮胎胎侧胶中的应用[J]. 橡胶科技市场,2007,5(18):11-12.
- [3] 陈志宏. 无机填料在轮胎工业中的应用[J]. 轮胎工业,2008,28(12):707-713.
- [4] 方跃胜. 一种新型类绢云母材料在橡胶中的应用与研究[D]. 华南理工大学:2012.
- [5] Jia Zhenmei, Chen Shuangjun, Zhang Jun. Preparation and Properties of Polydimethylsiloxane-mica Composites[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 127(4):3017-3025.

收稿日期:2017-01-16

## Application of Mica Powder in Sidewall Compound of TBR Tire

JIA Zhenmei<sup>1,2</sup>, ZHOU Yi<sup>2</sup>, SHI Taiping<sup>2</sup>

[1. Double Coin Shanghai Tire Research Institute Co., Ltd, Shanghai 200245, China; 2. Double Coin (Jiangsu) Tire Co., Ltd, Rugao 226500, China]

**Abstract:** The application of mica powder in the sidewall compound of TBR tire was studied. The results showed that with the addition of mica powder or coupling agent Si69 modified mica powder, the tensile

modulus at 300% elongation, tensile strength and thermal conductivity of the compound were improved. The reinforcement effect of modified mica powder was better than that of unmodified mica powder. The addition level of modified mica powder should be less than 10 phr, otherwise the flex resistance of the compound decreased. With addition of mica powder the tire production cost was reduced and tire performance was good.

**Key words:** mica powder; TBR tire; sidewall compound; modification; flex resistance

### 全球轮胎市场稳步增长

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

据美国市场研究与咨询机构Markets and Markets发布的最新报告,预计2016—2021年,全球原配轮胎市值将以5.48%的复合年均增长率增长,到2021年将达到302.6亿美元。

该报告指出,对节能轮胎、低滚动阻力轮胎、环保轮胎和智能轮胎的需求增长推动了原配轮胎市场增长。乘用车销量增长是原配轮胎及替换轮胎销量增长的主要因素。

轻型商用车翻新轮胎市场将会快速增长。研究表明,生产一条轻型商用车轮胎平均要消耗26.4 L石油,而翻新一条轻型商用车轮胎仅需消耗9 L石油,石油消耗量降低66%。另一方面,使用轻型商用车翻新轮胎可节省近50%的费用。轻型商用车翻新轮胎的优势备受关注。据美国橡胶制造商协会(RMA)统计,目前轻型商用车翻新轮胎仅占翻新轮胎总量的1.67%。翻新轮胎供应商热衷于轻型商用车轮胎的翻新。一些知名的轮胎制造商如固特异轮胎橡胶(美国)公司也大举进军轮胎翻新业务,开设了1 700个商用车轮胎翻新服务中心。

该报告估计,亚太地区是全球原配和替换轮胎的主导市场,这归因于中国、印度、日本和韩国等国汽车行业快速发展,2015年这些亚太地区国家汽车产量对世界汽车产量的贡献率高达46%。由于亚太地区国家人均收入逐年提高、道路基础设施改善、政府积极吸引外资、制造成本相对较低以及环境法规相对较宽松等,亚太地区汽车销量和保有量与日俱增,这些因素也会对替换轮胎市场产生积极的影响。

(安琪)

### 2025年液体硅橡胶市值将达到33亿美元

中图分类号:TQ333.93 文献标志码:D

据美国市场调研机构“大视野研究”近期发布的研究报告预测,2016—2025年全球液体硅橡胶市值将以7.9%的复合年均增长率增长,到2025年将达到32.9亿美元。医疗和电子行业的需求增长、老龄人口增多是推动液体硅橡胶市场发展的主要因素。另外,以技术创新为目标的液体硅橡胶研发热潮在未来几年将为市场巨增创造机会。

液体硅橡胶具有独特的性能,如化学惰性、较好的生物相容性、耐热性、柔韧性及较低的粘度等,是制造医疗植入物和器件如消毒器件、阀门、皮肤接触器材、输液泵等的理想材料。预计2016—2025年医用液体硅橡胶市值增长最快,复合年均增长率将达到9%。

工业级液体硅橡胶是液体硅橡胶最大的细分品级,其销售收入占总收入的53.5%,预计到2025年工业级液体硅橡胶的销售收入将超过17亿美元。工业级液体硅橡胶主要应用于汽车行业,如制造LED车头灯、雨刷叶片及其他电子元件。

由于亚太地区汽车和电子行业蓬勃发展,2016—2025年亚太地区液体硅橡胶市值的复合年均增长率将达到8.6%。

目前,全球主要液体硅橡胶企业有道康宁公司、迈图高新材料集团、KCC公司、Simtec硅胶制品公司、蓝星有机硅公司、斯托克韦尔弹性体公司、浙江新安化工集团公司、日本信越化学公司、瓦克化学公司、Nusil技术公司和Laur硅胶公司等。近年来,新产品开发和企业并购已成为液体硅橡胶行业巩固自身市场地位的主要发展战略。

(清风)