

# 橡胶均匀分散剂 FC-303 在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

李 键, 苏普文, 黎勤珠, 罗吉良

(广州市华南橡胶轮胎有限公司, 广东 广州 511400)

**摘要:**研究橡胶均匀分散剂 FC-303 在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用, 并与普通分散剂 A50P 进行对比。结果表明:在胎面胶中以分散剂 FC-303 替代分散剂 A50P, 胶料的门尼粘度明显降低, 炭黑分散度提高;硫化胶的物理性能和耐热老化性能变化不大, 压缩生热降低, 耐磨性能提高;成品轮胎的耐久性能达到企业标准要求;分散剂 FC-303 的最佳用量为 2 份。

**关键词:**分散剂;全钢载重子午线轮胎;胎面胶

**中图分类号:**TQ330.38<sup>+</sup>7;U463.341<sup>+</sup>.3/.6

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2014)04-0220-05

随着轮胎行业竞争的日趋激烈,人们对轮胎性能的要求越来越高。企业经营者都希望在提升轮胎性能的同时可以不增加生产成本,甚至降低成本,这无疑给配方设计者提出了更高的要求。

橡胶均匀分散剂(以下简称分散剂)FC-303 为脂肪族表面活性物质与有机/无机分散助剂的复合物,它与大部分橡胶的相容性极佳,能有效提高填充剂在橡胶中的分散等级,同时对胶料有着较好的增塑及均匀作用。本工作主要研究分散剂 FC-303 在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用,并与普通分散剂 A50P 进行对比。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),SMR20,马来西亚产品;丁苯橡胶(SBR),牌号 1502,福橡化工有限责任公司产品;分散剂 FC-303,华翔化工贸易有限公司产品。

### 1.2 配方

生产配方(记作 4<sup>#</sup> 配方):NR 80,SBR 20,炭黑 50,防老剂 2.5,分散剂 A50P 1.5,其他 8.96。

试验配方中分别以 2,3.5 和 5 份分散剂 FC-

303 替代 1.5 份分散剂 A50P,其余均同生产配方,分别记作 1<sup>#</sup>,2<sup>#</sup> 和 3<sup>#</sup> 配方。

### 1.3 主要设备和仪器

XK-160 型开炼机,广东湛江机械厂产品;1 L 密炼机,广州华工百川科技股份有限公司产品;F370 型密炼机,美国法雷尔公司产品;M2000 型门尼粘度计和 RPA2000 型橡胶加工分析仪(RPA),美国阿尔法科技有限公司产品;橡胶应力-应变拉伸试验机,美国英斯特朗公司产品。

### 1.4 试样制备

小配合试验胶料采用两段混炼工艺进行混炼,一段混炼在 1 L 密炼机中进行,转子转速为  $80 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,加料顺序为:生胶→小料→白炭黑、炭黑→油→排胶( $140^\circ\text{C}$ );二段混炼在开炼机上进行,加入硫黄和促进剂。

大配合试验胶料采用四段混炼工艺且均在 F370 型密炼机中进行,转子转速为  $0 \sim 60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,最后在开炼机上出片。一段混炼时加入生胶、小料、炭黑等,排胶温度为  $165^\circ\text{C}$ ;二段和三段为混炼胶再炼过程;四段混炼时加入硫黄和促进剂,排胶温度为  $110^\circ\text{C}$ 。

### 1.5 测试分析

RPA 分析:对混炼胶进行应变扫描,测试条件为温度  $100^\circ\text{C}$ ,频率  $0.1 \text{ Hz}$ ;对硫化胶进行温度扫描,测试条件为频率  $1.7 \text{ Hz}$ ,应变 7%。

压缩生热:测试条件为冲程 4.45 mm,负荷 2.5 MPa,起始温度 55 ℃。

成品轮胎的耐久性试验按企业标准进行,试验条件为:标准负荷 4 000 kg,充气压力 900 kPa;其他性能均按相应的国家标准测试。

2 结果与讨论

2.1 理化分析

分散剂 FC-303 的理化分析结果如表 1 所示。

表 1 分散剂 FC-303 的理化分析结果

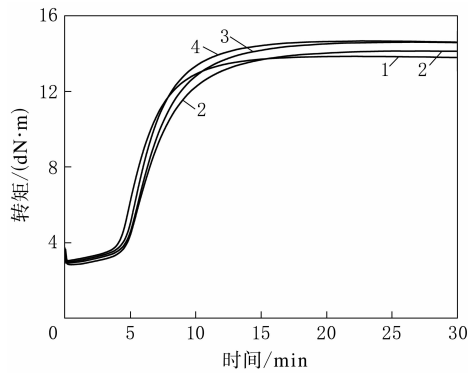
| 项 目               | 实测值   | 企业标准    |
|-------------------|-------|---------|
| 外观                | 白色颗粒  | 灰白色颗粒   |
| 灰分质量分数(750 ℃)     | 0.172 | <0.200  |
| 加热减量(105 ℃×2 h)/% | 0.7   | <2.0    |
| 初熔点/℃             | 105   |         |
| pH 值              | 7.3   | 6.0~8.0 |

从表 1 可以看出,分散剂 FC-303 的各项理化性能均符合企业标准要求。

2.2 小配合试验

2.2.1 硫化特性

分散剂 FC-303 对胶料硫化特性的影响如图 1 所示。



配方编号:1—1#;2—2#;3—3#;4—4#。

图 1 小配合试验胶料的硫化曲线(150 ℃)

从图 1 可以看出,随着分散剂 FC-303 的加入,胶料的硫化时间并未发生太大变化,只是  $M_H$  略有减小,这可能是由于分散剂 FC-303 的增塑作用使得大分子之间的作用力降低,聚合物分子的活动性增大,硫化交联键更长,进而影响了胶料的  $M_H$ 。

2.2.2 物理性能

分散剂 FC-303 对硫化胶物理性能的影响如

表 2 所示。

从表 2 可以看出,各配方胶料的定伸应力和拉伸强度在老化前后均无明显变化,以分散剂 FC-303 替代分散剂 A50P 后硫化胶的撕裂强度略有减小。当分散剂 FC-303 用量为 3.5 份时,硫化胶的拉伸强度仍然大于 25 MPa,撕裂强度也在 100 kN·m<sup>-1</sup> 以上,满足了轮胎配方要求。总体来说,以分散剂 FC-303 替代分散剂 A50P 后硫化胶的物理性能和耐热老化性能变化不大。

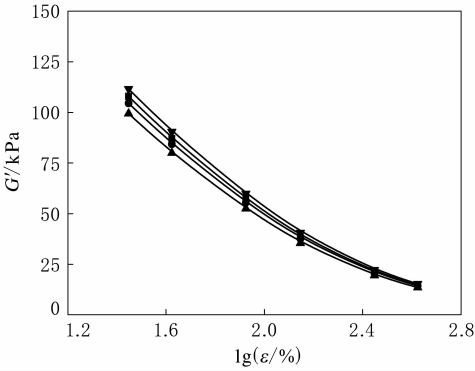
表 2 小配合试验硫化胶的物理性能

| 项 目                        | 配方编号 |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|
|                            | 1#   | 2#   | 3#   | 4#   |
| 邵尔 A 型硬度(25 ℃)/度           | 67   | 67   | 67   | 66   |
| 100%定伸应力/MPa               | 2.9  | 2.9  | 3.0  | 2.8  |
| 200%定伸应力/MPa               | 7.4  | 7.4  | 7.2  | 7.1  |
| 300%定伸应力/MPa               | 13.4 | 13.3 | 13.1 | 12.9 |
| 拉伸强度/MPa                   | 27.4 | 26.9 | 25.9 | 27.7 |
| 拉断伸长率/%                    | 524  | 514  | 508  | 547  |
| 拉断永久变形/%                   | 19   | 20   | 23   | 20   |
| 撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) | 113  | 107  | 73   | 116  |
| 回弹值(25 ℃)/%                | 39   | 38   | 38   | 38   |
| 100 ℃×48 h 老化后             |      |      |      |      |
| 邵尔 A 型硬度(25 ℃)/度           | 71   | 72   | 71   | 71   |
| 100%定伸应力/MPa               | 3.6  | 3.9  | 3.8  | 3.8  |
| 200%定伸应力/MPa               | 8.9  | 9.4  | 9.2  | 9.3  |
| 300%定伸应力/MPa               | 15.1 | 15.8 | 15.3 | 15.8 |
| 拉伸强度/MPa                   | 21.0 | 20.3 | 19.1 | 22.0 |
| 拉断伸长率/%                    | 401  | 384  | 372  | 414  |
| 拉断永久变形/%                   | 16   | 16   | 14   | 16   |
| 撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) | 40   | 39   | 38   | 41   |

注:硫化条件为 150 ℃×30 min。

2.2.3 动态力学性能

分散剂 FC-303 对混炼胶剪切储能模量( $G'$ )与应变( $\epsilon$ )关系曲线的影响如图 2 所示。

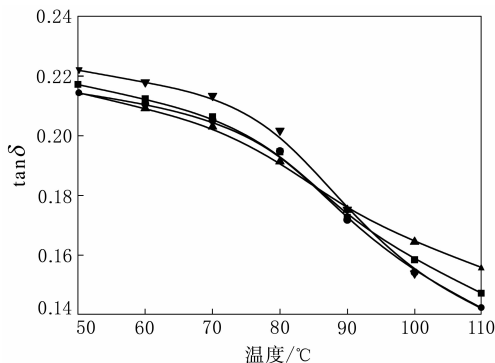


配方编号:■—1#;●—2#;▲—3#;▼—4#。

图 2 小配合试验混炼胶的  $G'$ -lg $\epsilon$  曲线

从图2可以看出,随着应变的增大,各配方混炼胶的 $G'$ 均减小,Payne效应较明显。随着分散剂FC-303的加入,Payne效应出现不同程度的降低,这也说明填料网络结构有所改善,填料的分散性更好<sup>[1]</sup>。

分散剂FC-303对硫化胶损耗因子( $\tan\delta$ )与温度关系曲线的影响如图3所示。



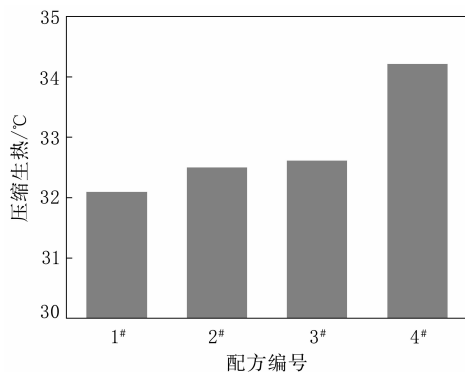
注同表2和图2。

图3 分散剂FC-303对硫化胶 $\tan\delta$ -温度曲线的影响

从图3可以看出,随着分散剂FC-303的加入,60℃附近的 $\tan\delta$ 值有所减小,这表明胎面胶的滚动阻力会得到一定程度的改善<sup>[2-3]</sup>。

#### 2.2.4 压缩生热与耐磨性能

分散剂FC-303对硫化胶压缩生热的影响如图4所示。



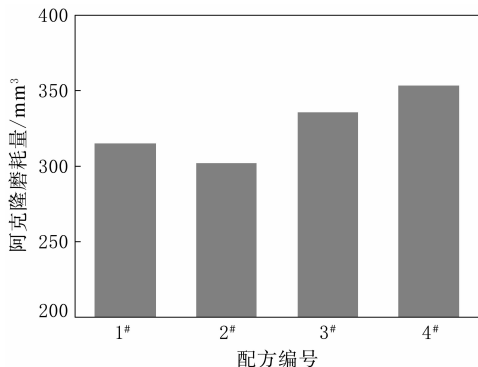
注同表2。

图4 分散剂FC-303对硫化胶压缩生热的影响

从图4可以看出,与生产配方相比,试验配方硫化胶的压缩生热明显降低,说明分散剂FC-303有助于降低胎面胶的生热,这是由于分散剂FC-303有效提高了炭黑在橡胶基体中的分散性,改善了填料的网络结构,使得炭黑与橡胶分子之间

的结合点更多,同时分散剂FC-303的增塑作用降低了分子间的摩擦作用,进而降低了生热。当分散剂FC-303用量为2份时,硫化胶的压缩生热最低。

分散剂FC-303对硫化胶阿克隆磨耗量的影响如图5所示。



注同表2。

图5 分散剂FC-303对硫化胶阿克隆磨耗量的影响

从图5可以看出,与生产配方相比,试验配方硫化胶的阿克隆磨耗量减小,这主要是由于分散剂FC-303增加了橡胶与炭黑之间的结合点,进而阻止了磨损过程中橡胶微裂纹的增长。

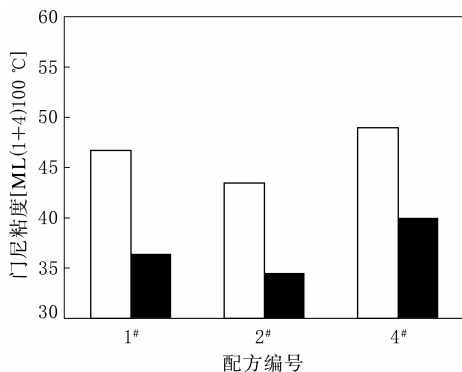
#### 2.3 大配合试验

为了进一步对比分散剂FC-303和A50P在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用效果,采用1#,2#和4#配方进行了大配合试验。

##### 2.3.1 硫化特性

分散剂FC-303对混炼胶门尼粘度的影响如图6所示。

从图6可以看出,与生产配方相比,随着分散

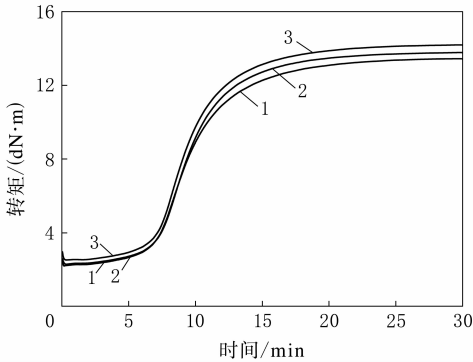


□—二段混炼胶; ■—三段混炼胶。

图6 分散剂FC-303对混炼胶门尼粘度的影响

剂 FC-303 用量的增大,二段和三段混炼胶的门尼粘度均呈下降趋势,说明分散剂 FC-303 有着较明显的增塑作用,这与前面的试验结果也较相符。仔细对比不难发现,2<sup>#</sup> 配方胶料二段混炼后的门尼粘度已降到三段混炼胶目标门尼值(45)以下,也就是说当分散剂 FC-303 用量为 3.5 份时,胎面混炼胶可以在生产工艺上减少一段,有利于降低轮胎生产成本。

分散剂 FC-303 对胶料硫化特性的影响如图 7 所示。



配方编号:1—1<sup>#</sup>;2—2<sup>#</sup>;3—4<sup>#</sup>。

图 7 大配合试验胶料的硫化曲线(150 °C)

从图 7 可以看出,随着分散剂 FC-303 的加入,胶料的  $M_H$  和  $M_L$  均有所减小,这与小配合试验结果相符,也一定程度上反映了分散剂 FC-303 对胶料有一定的增塑作用。

### 2.3.2 炭黑分散度与 Payne 效应

分散剂 FC-303 对胶料炭黑分散等级的影响如图 8 所示。

从图 8 可以看出,与生产配方相比,试验配方胶料的炭黑分散等级提高 0.5~0.8 级,这表明分

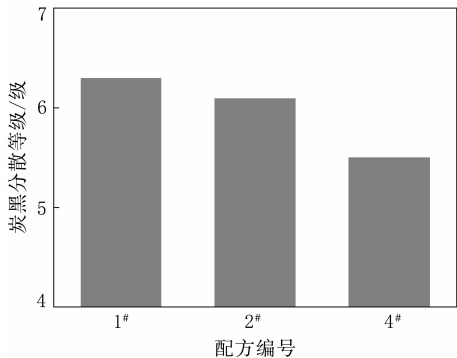
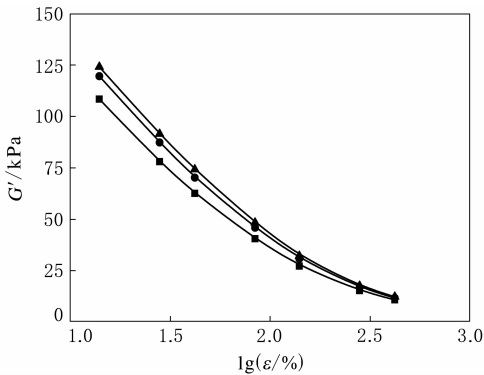


图 8 分散剂 FC-303 对胶料炭黑分散等级的影响

散剂 FC-303 除了对橡胶有一定的增塑作用外,还有助于提高胎面胶的炭黑分散等级。

分散剂 FC-303 对混炼胶  $G'-lg\epsilon$  曲线的影响如图 9 所示。



配方编号:■—1<sup>#</sup>;●—2<sup>#</sup>;▲—4<sup>#</sup>。

图 9 大配合试验混炼胶的  $G'-lg\epsilon$  曲线

从图 9 可以看出,随着分散剂的加入,胶料的 Payne 效应有所降低,这与小配合试验结果比较相符,填料的网络结构得到改善。值得一提的是,当分散剂 FC-303 用量为 2 份时,炭黑的分散等级最高,此时胶料的 Payne 效应也最小,表明分散剂 FC-303 的最佳用量为 2 份。

### 2.3.3 物理性能

大配合试验硫化胶的物理性能如表 3 所示。

表 3 大配合试验硫化胶的物理性能

| 项 目                        | 配方编号           |                |                |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                            | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 4 <sup>#</sup> |
| 邵尔 A 型硬度(25 °C)/度          | 67             | 67             | 67             |
| 100%定伸应力/MPa               | 2.2            | 2.2            | 2.3            |
| 200%定伸应力/MPa               | 5.2            | 5.6            | 5.6            |
| 300%定伸应力/MPa               | 10.1           | 10.8           | 10.8           |
| 拉伸强度/MPa                   | 24.6           | 25.8           | 25.5           |
| 拉伸伸长率/%                    | 560            | 560            | 562            |
| 拉伸永久变形/%                   | 21             | 21             | 22             |
| 撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) | 101            | 101            | 108            |
| 回弹值(25 °C)/%               | 37             | 37             | 38             |
| 100 °C×48 h 老化后            |                |                |                |
| 邵尔 A 型硬度(25 °C)/度          | 71             | 69             | 70             |
| 100%定伸应力/MPa               | 3.2            | 3.2            | 3.4            |
| 200%定伸应力/MPa               | 8.3            | 8.0            | 8.4            |
| 300%定伸应力/MPa               | 14.6           | 14.2           | 14.8           |
| 拉伸强度/MPa                   | 21.3           | 23.2           | 23.5           |
| 拉伸伸长率/%                    | 422            | 450            | 441            |
| 拉伸永久变形/%                   | 13             | 16             | 14             |
| 撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) | 48             | 54             | 58             |

注:同表 2。

从表3可以看出,各配方硫化胶老化前后的物理性能没有太大变化,只是以分散剂FC-303替代分散剂A50P后硫化胶的撕裂强度略有下降,说明分散剂FC-303替代分散剂A50P用于胎面胶中,胶料仍能保持较好的物理性能,这与小配合试验结果相符。

2.4 成品试验

采用1<sup>#</sup>试验配方胎面胶生产12.00R20 20PR全钢载重子午线轮胎,并进行耐久性试验,试验结果如表4所示。

从表4可以看出,试验轮胎的耐久性能优于

生产轮胎,且均达到企业标准要求( $\geq 71$  h)。

3 结论

在全钢载重子午线轮胎胎面胶中以分散剂FC-303替代A50P,可显著降低混炼胶的门尼粘度,提高炭黑分散等级,还可进行工艺优化,降低胶料生产成本;在保持硫化胶物理性能的前提下,提高胎面胶的耐磨性能和降低压缩生热,从而延长轮胎的使用寿命。

参考文献:

[1] 艾军伟,刘芳,曾宗强,等.气膜包覆法制备Si69改性淀粉/天然橡胶复合材料的性能[J].合成橡胶工业,2011,34(6):291-295.  
[2] 李花婷,颜晋钧,陈宏,等.轮胎滚动阻力测试方法研究[J].轮胎工业,2007,27(3):180-183.  
[3] Bond R, Morton C F, Karl L H. A Tailor-made Polymer for Tire Applications[J]. Polymer, 1984, 25(1):132.

收稿日期:2014-01-16

Application of Rubber Dispersing Agent FC-303 in Tread Compound of Truck and Bus Radial Tire

LI Jian, SU Pu-wen, LI Qin-zhu, LUO Ji-liang

(Guangzhou South China Rubber & Tire Co., Ltd, Guangzhou 511400, China)

**Abstract:** The application of rubber dispersing agent FC-303 in the tread compound of truck and bus radial tire was investigated and compared to common dispersing agent A50P. The Mooney viscosity of the compound with FC-303 was significantly lower than that with A50P, and the dispersion of carbon black was better. The physical properties and aging property of the vulcanizates with FC-303 was similar to that with A50P, the compression heat build-up was lower, and the wear resistance was better. The endurance performance of the finished tire by using FC-303 to replace A50P in the tread compound met the requirements of enterprise standards. The optimal addition level of dispersing agent FC-303 was 2 phr.

**Key words:** dispersing agent; truck and bus radial tire; tread compound

一种适用于矿用巨型轮胎再制造的中间胶配方

中图分类号:TQ336.1;U463.341<sup>+</sup>.5 文献标志码:D  
由青岛天盾橡胶有限公司申请的专利(公开号CN 103484037A,公开日期2014-01-01)  
“一种适用于矿用巨型轮胎再制造的中间胶配

方”,涉及的适用于矿用巨型轮胎再制造的中间胶配方主要包括天然橡胶、炭黑、活性剂、防老剂、粘合剂(改性石油树脂)、硫化剂和促进剂。该中间胶粘合强度极高,拉伸强度等物理性能和耐老化性能显著提高,满足矿用巨型再制造轮胎使用要求。  
(本刊编辑部 马晓)