

# 防焦剂CTP对巯基硅烷Si747改性白炭黑胶料性能的影响

董兴旺,刘超,刘辉,王丹灵

(中策橡胶集团股份有限公司,浙江杭州 310008)

**摘要:**研究防焦剂CTP对巯基硅烷Si747改性白炭黑胶料性能的影响。结果表明:在巯基硅烷Si747与白炭黑硅烷化反应过程中,加入防焦剂CTP,能够延缓巯基与橡胶的早期交联,降低胶料的Payne效应;能够改善老化前后胶料的物理性能和耐磨性能,对湿地抓着性能和生热无不利影响。

**关键词:**防焦剂CTP;巯基硅烷Si747;白炭黑;硅烷化;Payne效应

**中图分类号:**TQ330.38<sup>+</sup>5

**文章编号:**2095-5448(2022)05-0239-03

**文献标志码:**A

**DOI:**10.12137/j.issn.2095-5448.2022.05.0239



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

轮胎是汽车不可缺少的部件,汽车生产企业的研发人员在挑选适配轮胎时,对轮胎的滚动阻力和能耗要求越来越高。为降低轮胎滚动阻力,轮胎配方工程师们采用了许多方法,如在胎面胶配方的开发过程中通过各种方式降低胶料的生热,例如使用白炭黑、改性溶聚丁苯橡胶(SSBR)、硅烷偶联剂、功能树脂以及其他助剂等来降低胶料的滞后损失,从而降低轮胎的滚动阻力<sup>[1-2]</sup>。

近年来,轮胎配方工程师们采用巯基硅烷Si747降低添加白炭黑的胎面胶的生热。但是由于巯基的化学活性高,巯基硅烷与白炭黑在硅烷化过程中,容易释放出硫并与橡胶的双键发生早期交联<sup>[3-4]</sup>。因此,保证巯基硅烷Si747与白炭黑的硅烷化反应,同时巯基硅烷Si747与橡胶之间不发生或减少发生早期交联成为轮胎配方工程师们的一个重要研究课题。

本工作主要研究防焦剂CTP对巯基硅烷Si747改性白炭黑胶料性能的影响。

**作者简介:**董兴旺(1981—),男,浙江杭州人,中策橡胶集团股份有限公司工程师,学士,主要从事轿车轮胎配方开发和管理工作。

**E-mail:**zc\_dwx@126.com

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

SSBR1453和SSBR2466,台橡股份有限公司产品;炭黑N234,上海卡博特化工有限公司产品;白炭黑1165MP,索尔维精细化工添加剂(青岛)有限公司产品;巯基硅烷Si747,江苏麒祥化工有限公司产品;防焦剂CTP,山东阳谷华泰化工股份有限公司产品;硫黄,牌号S200-10S,无锡华盛橡胶新材料科技股份有限公司产品;促进剂CBS,山东尚舜化工有限公司产品;促进剂DPG,科迈化工股份有限公司产品。

### 1.2 配方

生产配方:SSBR1453 35,SSBR2466 65,炭黑N234 15,白炭黑1165MP 80,环保油V700 21,巯基硅烷Si747 8.5,硫黄 1.8,促进剂CBS 2,促进剂DPG 2.5,其他 22.5。

试验配方添加0.5份防焦剂CTP,配方其余组分和用量同生产配方。

### 1.3 主要设备和仪器

SK-160型开炼机,上海橡胶机械制造有限公司产品;1.5 L切线型密炼机,青岛测控科技有限公司产品;RPA2000橡胶加工分析仪,美国阿尔法科技有限公司产品;GT-M2000型硫化机、GT-TS-

2000-M型电子拉力机和GT-7012-D型DIN磨耗试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;VR-7120型动态力学性能分析(DMA)仪,日本上岛制作所产品。

#### 1.4 试样制备

试验配方与生产配方胶料均采用3段混炼工艺,混炼设备采用1.5 L切线型密炼机,填充因数为0.65,转子转速为 $55 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

一段混炼工艺:SSBR1453和SSBR2466→塑炼30 s→白炭黑1165MP、巯基硅烷Si747、防焦剂CTP等→压压砣至 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ →提压砣→清扫→压压砣至 $135 \text{ }^\circ\text{C}$ →恒温200 s→排胶→在开炼机上出片→停放24 h。

二段混炼工艺:一段混炼胶→压压砣至 $125 \text{ }^\circ\text{C}$ →提压砣→清扫→压压砣至 $130 \text{ }^\circ\text{C}$ →恒温100 s→排胶→在开炼机上出片→停放24 h。

三段混炼工艺:二段混炼胶→硫黄、促进剂CBS和促进剂DPG→压压砣至 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ →提压砣→清扫→压压砣至 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ →排胶→在开炼机上出片→停放24 h,待用。

终炼胶在平板硫化机上硫化,试片厚度为2 mm,硫化条件为 $165 \text{ }^\circ\text{C} \times 15 \text{ min}$ 。

#### 1.5 性能测试

(1) Payne效应:采用橡胶加工分析仪测试硫化胶的储能模量( $G'$ ),应变范围为0.28%~42%,用 $\Delta G'$  ( $G'_{0.28\%} - G'_{42\%}$ )表征白炭黑的分散程度, $\Delta G'$ 越小,白炭黑分散越好<sup>[3]</sup>。

(2) 动态力学性能:DMA测试条件为频率 20 Hz,预应变 7%,温度范围  $-40 \sim 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ,动应变 0.25%。

(3) 其他性能均按相应的国家标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 硫化特性

混炼胶的硫化特性如表1所示。

从表1可以看出,与生产配方胶料相比,加入防焦剂CTP的试验配方胶料的门尼焦烧时间和 $t_{90}$ 延长, $F_L$ 和 $F_{\max}$ 略有减小,硫化速率降低。

### 2.2 Payne效应

硫化胶的 $G'$ -应变( $\varepsilon$ )关系曲线见图1。

测试结果显示,试验配方和生产配方胶料的

表1 混炼胶的硫化特性

项 目	试验配方	生产配方
门尼焦烧时间( $127 \text{ }^\circ\text{C}$ ) $t_5/\text{min}$	16.4	12.9
硫化仪数据( $160 \text{ }^\circ\text{C}$ )		
$F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	3.2	4.1
$F_{\max}/(\text{dN} \cdot \text{m})$	14.5	15.5
$t_{52}/\text{min}$	2.6	2.0
$t_{10}/\text{min}$	1.9	1.5
$t_{30}/\text{min}$	3.1	2.4
$t_{60}/\text{min}$	4.5	3.4
$t_{90}/\text{min}$	9.0	7.5
硫化速率( $V_c$ ) <sup>1)</sup> / $\text{min}^{-1}$	15.6	18.2

注:1)  $V_c = 100/(t_{90} - t_{52})$ 。

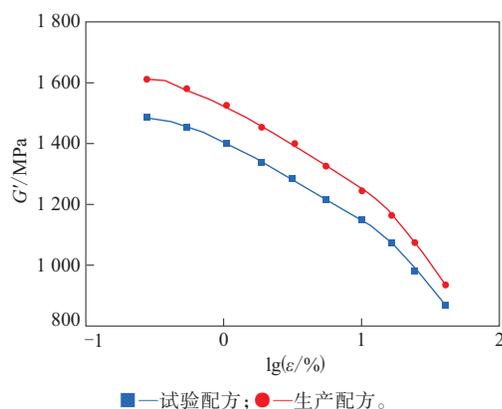


图1 硫化胶的 $G'$ - $\varepsilon$ 关系曲线

$\Delta G'$ 分别为615和674 MPa,表明试验配方胶料的Payne效应弱于生产配方胶料,白炭黑分散性更好。由此可知,在试验配方中加入防焦剂CTP,在混炼过程中能够延缓巯基硅烷Si747的巯基与橡胶发生早期交联,使得白炭黑与巯基硅烷Si747的硅烷化反应更彻底<sup>[5]</sup>。

### 2.3 物理性能

硫化胶的物理性能如表2所示。

表2 硫化胶的物理性能

项 目	试验配方	生产配方
邵尔A型硬度/度	70	69
拉伸强度/MPa	14.56	14.37
拉断伸长率/%	367	353
撕裂强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	43	41
DIN磨耗量/ $\text{cm}^3$	0.085 7	0.099 0
70 $^\circ\text{C} \times 96 \text{ h}$ 老化后		
邵尔A型硬度/度	72	71
拉伸强度/MPa	14.25	12.92
拉断伸长率/%	346	262
撕裂强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	38	35
DIN磨耗量/ $\text{cm}^3$	0.092 6	0.096 7

从表2可以看出:老化前,试验配方胶料的硬度、拉伸强度、拉断伸长率与生产配方胶料相当,撕裂强度略有提升,耐磨性能较优;老化后,试验配方胶料的硬度与生产配方胶料相当,但拉伸强度、拉断伸长率、撕裂强度都高于生产配方胶料,耐磨性能依然较好。

#### 2.4 动态力学性能

一般来说,硫化胶0℃的损耗因子( $\tan\delta$ )越大,表示轮胎的湿地抓着性能越好,60℃的 $\tan\delta$ 越小,表示轮胎的生热越低。

硫化胶的 $\tan\delta$ 与温度的关系曲线如图2所示,动态力学性能如表3所示。

从图2和表3可以看出,试验配方硫化胶0和60℃的 $\tan\delta$ 与生产配方硫化胶相差不大,说明二者的湿地抓着性能和生热性能相当。这表明在试验配

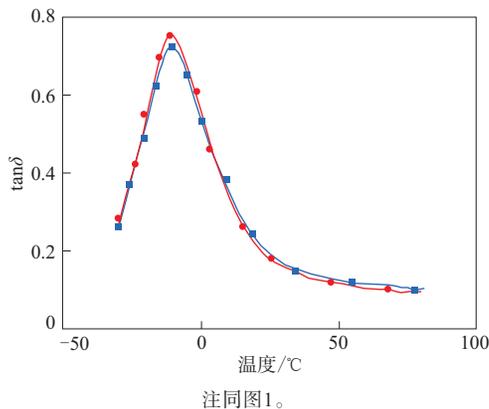


图2 硫化胶的 $\tan\delta$ -温度关系曲线

注同图1。

表3 硫化胶的动态力学性能

项 目	试验配方	生产配方
0℃时的 $\tan\delta$	0.550	0.557
60℃时的 $\tan\delta$	0.110	0.104

方胶料混炼过程加入防焦剂CTP,对轮胎的湿地抓着性能和生热性能无明显不利影响。

#### 3 结论

在巯基硅烷Si747与白炭黑硅烷化反应过程中,加入防焦剂CTP,能够延缓巯基与橡胶的早期交联,使白炭黑与巯基硅烷Si747的硅烷化反应更彻底,巯基硅烷与白炭黑分散均匀,降低胶料的Payne效应;能够改善老化前后胶料的物理性能和耐磨性能,对轮胎的湿地抓着性能和生热性能无不利影响。

#### 参考文献:

- [1] 王晓东,孙佳佳,孙宝余.全钢子午线轮胎的滚动阻力效应分析[J].轮胎工业,2021,41(12):777-780.
- [2] 李再琴,刘强,单振,等.湿法混炼白炭黑母胶在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用[J].橡胶工业,2020,67(1):39-44.
- [3] 吉欣宇,刘震,王茂英.新型偶联剂Si747对白炭黑填充溶聚丁苯橡胶/顺丁橡胶并用胶加工性能及动态性能的影响[J].橡胶科技,2016,14(7):17-21.
- [4] 王强,董继学,罗建刚,等.硅烷偶联剂Si747在半钢子午线轮胎胎面胶中的应用[J].轮胎工业,2021,41(5):303-305.
- [5] 高剑琴,王璨,董栋.气相色谱/质谱联用鉴定胶料中防焦剂CTP的方法[J].橡胶科技,2016,14(11):47-50.

收稿日期:2021-10-25

## Effect of Anti-scorching Agent CTP on Properties of Mercaptosilane Si747 Modified Silica Compound

DONG Xingwang, LIU Chao, LIU Hui, WANG Danling

(Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310008, China)

**Abstract:** The effect of anti-scorching agent CTP on the properties of the silica-filled compound modified by mercaptosilane Si747 was studied. The results showed that, with the addition of anti-scorching agent CTP, the early crosslinking between mercaptosilane and rubber during the silanization reaction of mercaptosilane Si747 and silica could be delayed. The Payne effect of the compound was reduced. The physical properties and wear resistance of the vulcanizate were improved. Moreover, the addition of CTP had no adverse effect on the wet grip performance and heat build-up of the vulcanizate.

**Key words:** anti-scorching agent CTP; mercaptosilane Si747; silica; silanization; Payne effect