

# 硫化活性剂AK-1在全钢载重子午线轮胎胎侧胶中的应用

冯 鸣,花曙太,王召栋,朱舒东

(山东玲珑轮胎股份有限公司,山东 招远 265400)

**摘要:**研究硫化活性剂AK-1在全钢载重子午线轮胎胎侧胶中的应用。结果表明:硫化活性剂AK-1等量替代间接法氧化锌应用于全钢载重子午线轮胎胎侧胶中,胶料的硫化特性、物理性能和工艺性能以及成品轮胎的物理性能与使用间接法氧化锌的胶料和成品轮胎基本相当,满足使用要求,同时可显著降低胶料中的锌含量,满足环保法规要求。

**关键词:**硫化活性剂;氧化锌;全钢载重子午线轮胎;胎侧胶;锌含量;加工性能;物理性能

**中图分类号:**U463.341<sup>+</sup>.3/.6;TQ330.38<sup>+</sup>5

**文献标志码:**A

**文章编号:**2095-5448(2019)11-0625-04

**DOI:**10.12137/j.issn.2095-5448.2019.11.0625



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

氧化锌作为橡胶硫化体系中的活性剂,在轮胎行业中广泛应用<sup>[1-2]</sup>。美国加利福尼亚州提出一项法案(SB1260),建议限制在轮胎中使用锌或氧化锌,同时其可能禁止销售锌含量超标的轮胎产品。这项法案指出,橡胶材料是环境中锌污染的主要来源,当锌被释放到环境中,尤其是进入水系时,某些锌合金会毒害微生物和水生生物。因此,寻找锌的替代品,减小氧化锌用量成为趋势<sup>[3]</sup>。

本工作研究硫化活性剂AK-1在全钢载重子午线轮胎胎侧胶中的应用。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),SMR20,马来西亚产品;顺丁橡胶(BR),牌号9000,中国石化齐鲁石化公司产品;炭黑N330,江西黑猫炭黑股份有限公司产品;间接法氧化锌,石家庄志亿锌业有限公司产品;硫化活性剂AK-1,盐城科迈特新材料有限公司产品。

### 1.2 配方

生产配方:NR 50, BR 50, 炭黑N330 50, 间接法氧化锌 3, 硬脂酸 2, 芳烃油 7, 防老剂

7, 硫黄和促进剂 2.5。

试验配方:除硫化活性剂AK-1等量代替间接法氧化锌外,其他组分和用量同生产配方。

### 1.3 主要设备和仪器

GK1.5N型密炼机,德国克虏伯公司产品;F270型和F370型密炼机,大连橡胶塑料机械股份有限公司产品; $\Phi 160\text{ mm} \times 320\text{ mm}$ 开炼机,烟台橡胶机械有限公司产品; $\Phi 200$ 型冷喂料挤出机,天津赛象科技股份有限公司产品;MDR-2000型硫化仪和MV-2000型门尼粘度仪,美国阿尔法科技有限公司产品;P-200-2PCD型平板硫化机,中国台湾磐石油压工业股份有限公司产品;DKD-K-16801型自动硬度计,德国Bareiss公司产品;5109型回弹性试验仪,德国ZWICK公司产品;CMT-4503型电子拉力试验机,深圳新三思材料检测有限公司产品;WPL-100型屈挠试验机,江苏新真威试验机械有限公司产品;EPLEXOR500N型动态粘弹谱分析仪,德国GABO公司产品。

### 1.4 试样制备

#### 1.4.1 小配合试验

小配合试验胶料混炼分两段进行。一段混炼在GK1.5N型密炼机中进行,转子转速为 $70\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼工艺为:生胶→炭黑→压压砣→提压砣→芳烃油→压压砣→提压砣→小料→压压砣→提压砣→排胶。二段混炼在开炼机上进行,混炼工

**作者简介:**冯鸣(1989—),女,山东泰安人,山东玲珑轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事原材料研究及配方设计工作。

**E-mail:** doudoudewahaha@126.com

艺为:一段混炼胶→硫黄和促进剂→薄通→下片。

#### 1.4.2 大配合试验

大配合试验胶料混炼分两段进行,一段混炼在F370型密炼机中进行,密炼室初始温度为80~90℃,转子转速为45 r·min<sup>-1</sup>,混炼工艺为:生胶→小料→炭黑→芳烃油→排胶(150~160℃),胶料停放4 h以上。二段混炼在F270型密炼机中进行,密炼室初始温度为70~80℃,转子转速为25 r·min<sup>-1</sup>,混炼工艺为:一段混炼胶→硫黄和促进剂→排胶(100~110℃),胶料停放4 h以上。

#### 1.5 性能测试

胶料各项性能均按照相应国家标准测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 理化性能

硫化活性剂AK-1是一种有机配位化合物。通过对硫化活性剂AK-1和间接法氧化锌进行理化性能(见表1)分析,可知硫化活性剂AK-1的灼烧减量比间接法氧化锌高,其原因可能是硫化活性剂AK-1内部的有机成分含量较大。

表1 硫化活性剂AK-1和间接法氧化锌的理化性能

项 目	硫化活性剂AK-1	间接法氧化锌
外观	白色粉末	白色粉末
密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )	2.51	5.50
灼烧减量[(800±50)℃]×10 <sup>2</sup>	28.9	0.2
挥发分质量分数(105℃)	0.009	0.003
锌质量分数	0.469	0.781

硫化活性剂AK-1中的有效成分不是氧化锌,无法使用间接法氧化锌纯度测试方法测试锌含量,因此本试验根据生产厂家提供的锌含量测试方法对硫化活性剂AK-1和间接法氧化锌进行测试。由表1可知,间接法氧化锌中锌质量分数为0.781,硫化活性剂AK-1中锌质量分数为0.469,较间接法氧化锌低约40%。

若在胎侧胶配方中使用硫化活性剂AK-1等量代替间接法氧化锌,其锌含量可在原配方基础上降低约40%,符合轮胎及胶料绿色环保的发展趋势要求。

### 2.2 小配合试验

小配合试验胶料的硫化特性和物理性能如表2所示。

表2 小配合试验胶料的硫化特性和物理性能

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	50	48
门尼焦烧时间 $t_5$ (127℃)/min	24.8	25.8
硫化仪数据(151℃)		
$F_L$ /(dN·m)	2.12	2.02
$F_{max}$ /(dN·m)	10.74	10.82
$F_{max}-F_L$ /(dN·m)	8.62	8.80
$t_{10}$ /min	4.90	5.13
$t_{25}$ /min	6.07	6.32
$t_{30}$ /min	6.37	6.62
$t_{60}$ /min	8.32	8.62
$t_{90}$ /min	12.58	13.38
$t_{90}-t_{10}$ /min	7.68	8.25
硫化胶性能(151℃×30 min)		
邵尔A型硬度/度	53	53
100%定伸应力/MPa	1.3	1.3
300%定伸应力/MPa	5.6	5.5
拉伸强度/MPa	19.9	20.2
拉断伸长率/%	733	745
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	75	75
回弹值(100℃)/%	60	61
100℃×48 h热空气老化后		
邵尔A型硬度/度	56	57
100%定伸应力/MPa	1.8	1.8
300%定伸应力/MPa	7.7	7.8
拉伸强度/MPa	16.1	15.9
拉断伸长率/%	504	520
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	49	48
回弹值(100℃)/%	61	62

从表2可以看出:与生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼粘度、门尼焦烧时间和硫化速度相当, $F_L$ 和 $F_{max}$ 基本一致,说明硫化活性剂AK-1可以使胶料达到与间接法氧化锌胶料相同的交联密度,且对促进剂起到的活化程度与间接法氧化锌一致,加工性能差别不大;试验配方硫化胶与生产配方硫化胶的物理性能无明显差异,100℃×48 h热空气老化后,试验配方硫化胶的物理性能仍与生产配方硫化胶处于同一水平。

小配合试验胶料的动态力学性能见表3。

从表3可以看出,试验配方胶料30和60℃时的tan $\delta$ 与生产配方胶料相差不大,说明硫化活性剂AK-1对胶料的动态力学性能无不利影响。

表3 小配合试验胶料的动态力学性能

损耗因子 (tan $\delta$ )	试验配方	生产配方
30 °C	0.160	0.158
60 °C	0.159	0.155

### 2.3 大配合试验

大配合试验胶料的硫化特性和物理性能如表4所示。

表4 大配合试验胶料的硫化特性和物理性能

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4) 100 °C]	59	61
门尼焦烧时间 $t_5$ (127 °C)/min	31.15	30.73
硫化仪数据(151 °C)		
$F_L$ /(dN·m)	2.52	2.57
$F_{max}$ /(dN·m)	12.24	12.17
$F_{max} - F_L$ /(dN·m)	9.72	9.60
$t_{10}$ /min	5.67	5.93
$t_{25}$ /min	7.93	7.47
$t_{30}$ /min	8.37	7.78
$t_{60}$ /min	9.78	9.67
$t_{90}$ /min	13.78	13.85
$t_{90} - t_{10}$ /min	8.11	7.92
硫化胶性能(151 °C×30 min)		
邵尔A型硬度/度	53	53
100%定伸应力/MPa	1.3	1.2
300%定伸应力/MPa	4.9	4.5
拉伸强度/MPa	18.4	17.6
拉断伸长率/%	751	753
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	71	70
回弹值(100 °C)/%	56	57
100 °C×48 h热空气老化后		
邵尔A型硬度/度	58	58
100%定伸应力/MPa	1.9	1.9
300%定伸应力/MPa	7.4	7.6
拉伸强度/MPa	16.1	15.0
拉断伸长率/%	574	550
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	41	41
回弹值(100 °C)/%	58	59

从表4可以看出:试验配方胶料的门尼粘度、门尼焦烧时间和硫化特性与生产配方胶料相当;试验配方硫化胶的物理性能和耐热空气老化性能与生产配方硫化胶处于相同水平;大配合试验结果与小配合试验基本一致。

耐屈挠性能是胎侧胶的关键性能,决定其使用耐久性能。大配合试验胶料的耐屈挠性能如表5所示。

从表5可以看出,试验配方胶料与生产配方胶

表5 大配合试验胶料的耐屈挠性能

项 目	裂口等级		
	1	2	3
屈挠次数×10 <sup>-3</sup>			
试验配方	2 343	2 646	3 000
生产配方	2 450	2 680	3 000
100 °C×48 h热空气老化后			
屈挠次数×10 <sup>-3</sup>			
试验配方	1 492	1 805	2 200
生产配方	1 547	1 820	2 182

料热空气老化前后的耐屈挠性能差别不大,说明硫化活性剂AK-1对胎侧胶的耐屈挠性能基本不会造成不利影响。

### 2.4 工艺性能

为验证试验配方胶料的工艺性能,采用 $\Phi 200$ 型冷喂料挤出机挤出12R22.5全钢载重子午线轮胎胎侧胶,挤出温度为110 °C。

用生产配方和试验配方胶料挤出的胎侧胶表面均光滑平整,粘合性能优异,可以达到生产要求。

### 2.5 成品轮胎的物理性能

采用生产配方和试验配方胶料生产12R22.5全钢载重子午线轮胎,并进行物理性能测试,结果如表6所示。

表6 成品轮胎的物理性能

项 目	试验配方	生产配方
100%定伸应力/MPa	1.6	1.5
300%定伸应力/MPa	5.2	4.8
拉伸强度/MPa	17.1	16.4
拉断伸长率/%	695	702

从表6可以看出,试验轮胎的定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率与生产轮胎无明显差异,性能处于同一水平。

## 3 结论

(1) 硫化活性剂AK-1锌含量较小,以其等量替代间接法氧化锌用于全钢载重子午线轮胎胎侧胶中,可以降低胶料中的锌含量,满足相关环保法规的要求。

(2) 使用硫化活性剂AK-1的试验配方胶料的硫化特性和物理性能与使用间接法氧化锌的生产配方胶料处于同一水平。用试验配方胶料和生产

配方胶料挤出的胎侧胶表面光滑,粘合性能优异,均可以达到使用要求。

(3) 试验配方胶料的耐屈挠性能与生产配方胶料相当。

(4) 使用硫化活性剂AK-1的试验轮胎的物理性能与使用间接法氧化锌的生产轮胎相当,达到成品使用要求。

#### 参考文献:

- [1] 崔贺成,程茹,刘豫皖,等. 改性氧化锌在全钢载重子午线轮胎胎侧胶中的应用[J]. 橡胶科技,2019,17(6):353-355.
- [2] 李辉,刘琦. 复合活性氧化锌在全钢子午线轮胎中的应用[J]. 轮胎工业,2018,38(6):354-357.
- [3] 张刚刚,赵素合,张立群,等. 橡胶硫磺硫化体系低锌/无锌技术研究进展[J]. 橡胶工业,2017,64(8):503-508.

收稿日期:2019-06-17

## Application of Curing Activator AK-1 in Sidewall Compound of Truck and Bus Radial Tire

FENG Ming, HUA Shutai, WANG Zhaodong, ZHU Shudong

(Shandong Linglong Tyre Co., Ltd., Zhaoyuan 265400, China)

**Abstract:** The application of curing activator AK-1 in the sidewall compound of truck and bus radial tire was investigated. The results showed that, by using curing activator AK-1 to replace the indirect method zinc oxide in equal amount, the curing characteristics, physical properties and extrusion property of the compound as well as the physical properties of the finished tire were basically unchanged. The properties of the finished tire with curing activator AK-1 met the application requirements, and the zinc content of the compound was significantly reduced, meeting the requirements of environmental regulations.

**Key words:** curing activator; zinc oxide; truck and bus radial tire; sidewall compound; zinc content; processability; physical property

### 《橡胶科技》入选《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊

2019年10月,《橡胶科技》编辑部收到中国学术期刊(光盘版)电子杂志社有限公司(中国知网)、中国科学文献计量评价研究中心联合颁发的《中国学术期刊影响因子年报统计源证书》(证书编号LY 2019-XJKJ),标志着《橡胶科技》成为《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊。这是对本刊办刊水平和质量的肯定,表明本刊的学术影响力得到进一步提升。

《橡胶科技》原刊名为《橡胶科技市场》(创刊于2003年),2013年更为现名,更名后视为新办刊物。作为创刊时间较短的一本期刊,本刊取得的每一点进步都离不开编委、作者和读者的大力支持,在此表示由衷的感谢!希望大家一如既往地关注

本刊,并不吝赐稿!本刊也将继续努力,用更优质的出版物和服务来回馈业界同仁的支持和厚爱!

目前,北京橡胶工业研究设计院主办的3本学术期刊《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》均为《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊。

《中国学术期刊影响因子年报》每年发布1次,采用《中国学术期刊(光盘版)》、中国科学文献计量评价研究中心、清华大学图书馆提出的综合评价学术期刊影响力的方法,综合评价数千种科技期刊的学术影响力,以表征期刊在一定时期内发表的学术研究成果在某段时间里促进相关学术研究与应用之发展的能力,全国从事科研工作的单位均将其作为科研论文学术水平的重要评价指标。

(本刊编辑部)

欢迎向《橡胶科技》《橡胶工业》《轮胎工业》投稿