

工程机械子午线轮胎胎肩垫胶的配方优化

孙宝兴,董秀玲,张元赞,刘 华,花迎春

(三角轮胎股份有限公司,山东 威海 264200)

摘要:对工程机械子午线轮胎胎肩垫胶的配方进行优化。结果表明:通过调整胎肩垫胶配方中的补强体系和硫化体系,并增加抗硫化返原剂 PK900 和 HTS,胶料的门尼焦烧时间延长,抗硫化返原性明显改善;硫化胶的综合物理性能和动态力学性能较好;成品轮胎的耐久性能提高。

关键词:工程机械子午线轮胎;胎肩垫胶;抗硫化返原性

中图分类号:TQ330.38;U463.341⁺.5/.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2015)08-0481-03

子午线轮胎胎肩垫胶直接与轮胎基部胶及钢丝束层接触,且处在胎肩部位,胎肩是轮胎应力最大的区域,也是轮胎最易发生损坏的部位,因此要求胎肩垫胶具有较好的强伸性能、耐热性能、弹性及粘合性能。胎肩垫胶与带束层端点相连,在轮胎使用过程中带束层端点是应力集中点,屈挠变形大,生热高,从而引起垫胶产生返原现象,导致垫胶性能下降,进而造成轮胎早期损坏。因此,在工程机械子午线轮胎胎肩垫胶配方设计中,胶料的抗硫化返原性是一个重要的性能指标。

硫化返原是指胶料在硫化或使用过程中交联键断裂,即交联密度降低使硫化胶性能下降的现象。硫化返原会使硫化胶的物理性能下降,损耗因子($\tan\delta$)增大,动态生热升高,从而加速轮胎损坏。目前我公司工程机械子午线轮胎胎肩垫胶配方中的生胶仍以天然橡胶(NR)为主,硫化体系为传统高硫体系。工程机械子午线轮胎是厚制品,硫化时间较长,而且胎肩部位较厚,其硫化时间会更长。

本工作主要通过对工程机械子午线轮胎胎肩垫胶配方中的补强填充体系和硫化体系进行适当调整,以提高垫胶的综合性能,尤其是抗硫化返原性,避免外胎硫化时间过长或在使用过程中生热升高引起的硫化返原现象,进而延长轮胎的使用寿命。

作者简介:孙宝兴(1973—),男,黑龙江尚志人,三角轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事轮胎配方设计及工艺管理工作。

1 实验

1.1 主要原材料

NR,泰国产品;炭黑 N330,山东贝斯特化工有限公司产品;炭黑 N550,卡博特(中国)投资有限公司产品;白炭黑,无锡恒亨白炭黑有限责任公司产品;抗硫化返原剂 PK900,莱茵化学(青岛)有限公司产品;抗硫化返原剂 HTS,美国伊士曼公司产品。

1.2 配方

生产配方:NR 100,炭黑 N550 35,白炭黑 12,防老剂 4020 和 RD 3,不溶性充油硫黄 5.65,促进剂 NS 1,其他 16。

1[#] 试验配方:NR 100,炭黑 N330 42,防老剂 4020 和 RD 3,不溶性充油硫黄 1.8,促进剂 NS 1.2,其他 14。

2[#] 试验配方中加入 0.6 份抗硫化返原剂 PK900 和 1.2 份抗硫化返原剂 HTS,其余均同 1[#] 试验配方。

1.3 主要设备和仪器

XK-160 型开炼机,上海橡胶机械厂产品;1.5 L 密炼机,德国克虏伯公司产品;GK255 型和 GK400 型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;XLB-Q400×400×2 型平板硫化机,上海第一橡胶机械厂产品;BPD-RRT5109.001 型回弹仪,德国 Zwick 公司产品;Instron3367Q8137 型拉力试验机,美国 Instron 公司产品;MDR2000 型硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;GT-7080-S2 型门尼粘度计,高铁检测仪器有限公司

产品;DMA 动态粘弹谱仪,德国 CABO 公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 小配合试验

胶料采用两段混炼工艺,一段混炼在 1.5 L 密炼机中进行,混炼工艺为:生胶→压压砣^{30 s}→提压砣→小料、炭黑→压压砣 2 次^{4 min}→排胶;二段混炼在开炼机上进行,混炼工艺为:一段混炼胶→硫黄和促进剂→捣胶→下片。

1.4.2 大配合试验

胶料采用三段混炼工艺,一段混炼在 GK400 型密炼机中进行,转子转速为 40 r·min⁻¹,混炼工艺为:生胶、小料、炭黑→压压砣^{30 s}→提压砣→压压砣^{40 s}→提压砣→压压砣→提压砣→排胶(155~160 ℃);二段混炼在 GK400 型密炼机中进行,转子转速为 40 r·min⁻¹,混炼工艺为:一段混炼胶→压压砣^{30 s}→提压砣→压压砣^{30 s}→提压砣→压压砣→提压砣→排胶(145~150 ℃);三段混炼在 GK255 型密炼机中进行,转子转速为 25 r·min⁻¹,混炼工艺为:二段混炼胶、硫黄、促进剂→压压砣^{40 s}→提压砣→压压砣^{30 s}→提压砣→压压砣→提压砣→排胶(95~100 ℃)。

1.5 性能测试

各项性能均按相应的国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

小配合试验结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出:与生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼焦烧时间延长,加工安全性能优异;硫化返原率明显减小,抗硫化返原性提高,其中 2[#] 试验配方胶料的抗硫化返原性最优;硫化胶的拉伸强度、拉断伸长率和回弹值增大,拉断永久变形减小;老化后硫化胶的拉伸性能提高。

根据小配合试验结果,选取 2[#] 试验配方进行后续试验。

2.2 大配合试验

大配合试验结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出,与生产配方胶料相比,试验

表 1 小配合试验结果

项 目	试验配方		生产配方
	1 [#]	2 [#]	
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	45.2	45.5	40.0
门尼焦烧时间 t_5 (121 ℃)/min	33.75	33.88	25.45
硫化仪数据(150 ℃)			
M_L /(dN·m)	7.38	7.47	6.53
M_H /(dN·m)	52.19	51.25	54.69
$M_{60}^{1)}$ /(dN·m)	45.83	46.58	33.98
硫化返原率 ²⁾ /%	14.2	10.7	43.0
t_{10} /min	3.8	3.8	3.7
t_{90} /min	9.8	9.9	8.8
邵尔 A 型硬度/度	57	57	60
300%定伸应力/MPa	11.7	11.8	12.0
拉伸强度/MPa	28.2	28.3	20.0
拉断伸长率/%	545	543	506
拉断永久变形/%	18	18	24
回弹值/%	64	64	54
100 ℃×48 h 老化后			
邵尔 A 型硬度/度	61	59	68
300%定伸应力/MPa	14.0	13.8	—
拉伸强度/MPa	20.7	20.9	11.0
拉断伸长率/%	450	452	158
拉断永久变形/%	8	12	4

注:1) M_{60} 为硫化 60 min 时的转矩;2) 硫化返原率 = $(M_H - M_{60}) / (M_H - M_L) \times 100\%$ 。硫化条件为 150 ℃×32 min。

表 2 大配合试验结果

项 目	试验配方			生产配方		
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	45.8			42.0		
门尼焦烧时间 t_5 (121 ℃)/min	34.44			26.87		
硫化仪数据(150 ℃)						
M_L /(dN·m)	7.45			6.55		
M_H /(dN·m)	52.26			55.38		
$M_{60}^{1)}$ /(dN·m)	47.28			34.10		
硫化返原率 ²⁾ /%	11.1			43.6		
t_{10} /min	3.8			3.6		
t_{90} /min	9.9			8.8		
硫化时间(150 ℃)/min	32	60	90	32	60	90
邵尔 A 型硬度/度	58	60	58	63	60	58
300%定伸应力/MPa	12.6	12.8	12.7	12.8	13.0	12.9
拉伸强度/MPa	29.9	29.7	28.5	20.9	21.1	20.0
拉断伸长率/%	508	520	548	510	500	502
拉断永久变形/%	18	16	14	28	24	26
回弹值/%	66			54		
$\tan\delta$ (60 ℃) ³⁾	0.092			0.087		
100 ℃×48 h 老化后						
邵尔 A 型硬度/度	59			70		
300%定伸应力/MPa	14.0			—		
拉伸强度/MPa	23.2			11.9		
拉断伸长率/%	400			160		
拉断永久变形/%	12			6		

注:3) 硫化条件为 150 ℃×18 min;其余注同表 1。

配方胶料的门尼焦烧时间延长,硫化返原率明显减小;硫化胶的拉伸强度和回弹值增大,300%定伸应力和 $\tan\delta$ 基本相近,老化后拉伸性能提高。

2.3 工艺性能

在热喂料挤出机上进行垫胶挤出工艺性能对比,结果显示在相同的挤出速度下,试验配方胶料无撕边现象,挤出垫胶的尺寸稳定性和成型过程中的接头粘合性能较好。

2.4 成品性能

采用试验配方胶料生产 21.00R35 工程机械子午线轮胎,并进行成品性能试验。

2.4.1 物理性能

成品轮胎的物理性能测试结果如表 3 所示。

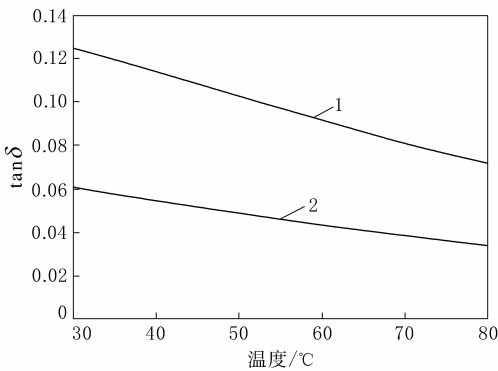
表 3 成品轮胎的物理性能

项 目	试验轮胎	生产轮胎
邵尔 A 型硬度/度	58	60
100%定伸应力/MPa	3.0	3.1
300%定伸应力/MPa	12.0	12.1
拉伸强度/MPa	28.5	20.2
拉断伸长率/%	538	500
拉断永久变形/%	18	24

从表 3 可以看出,试验轮胎的拉伸性能优于生产轮胎,这与大小配合试验结果基本一致。

2.4.2 动态力学性能

成品轮胎硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线如图 1 所示。当温度为 60℃时,生产轮胎和试验轮胎胶料的 $\tan\delta$ 分别为 0.091 和 0.043。从图 1 可以看出,试验轮胎胶料的 $\tan\delta$ 明显小于生产轮胎胶料。



1—生产轮胎;2—试验轮胎。

图 1 硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

2.4.3 耐久性能

耐久性能按 GB/T 30193—2013《工程机械轮胎耐久性试验方法》进行测试,试验速度为 15 km·h⁻¹,当累计行驶时间达到国家标准要求后每 12 h 增加 10%负荷,直至负荷增至 170%,轮胎损坏为止。

试验轮胎和生产轮胎的累计行驶时间分别为 186 和 130 h,试验结束时轮胎状态均为胎肩脱层,试验轮胎的耐久性能优于生产轮胎。

3 结论

通过对工程机械子午线轮胎胎肩垫胶配方中的补强体系和硫化体系进行调整,并增加抗硫化返原剂 PK900 和 HTS,胶料的门尼焦烧时间延长,加工安全性提高,抗硫化返原性明显改善,硫化胶的综合物理性能和动态力学性能较好,成品轮胎的耐久性能提高。

收稿日期:2015-02-13

Optimization of Shoulder Pad for Off-The-Road Radial Tire

SUN Bao-xing ,DONG Xiu-ling ,ZHANG Yuan-zan ,LIU Hua ,HUA Ying-chun

(Triangle Tire Co. ,Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: In this study, the shoulder pad compound of off-the-road radial tire was optimized. The results showed that, by adjusting the reinforcing system and curing system, and adding anti-reversion agent PK900 and HTS, the Mooney scorch time of the compound was extended, and the anti-reversion characteristic was improved significantly. The comprehensive physical properties and dynamic mechanical property of the vulcanizates were good. The endurance of finished tire was improved.

Key words: off-the-road radial tire; shoulder pad; anti-reversion characteristic