

抗疲劳剂KP在矿山用全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

薛彬彬,陈建军,倪海超

(山东华盛橡胶有限公司,山东 广饶 257300)

摘要:研究抗疲劳剂KP在矿山用全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用,并与抗疲劳剂G-108进行对比。结果表明:在矿山用全钢载重子午线轮胎胎面胶中用抗疲劳剂KP等量替代抗疲劳剂G-108,胶料的加工性能、耐磨性能、耐高温动态疲劳性能、耐热老化和动态臭氧老化性能以及抗撕裂性能明显提高,压缩永久变形和压缩生热降低,滚动阻力减小,抗湿滑性能改善;成品轮胎通过耐久性测试。

关键词:抗疲劳剂;全钢载重子午线轮胎;胎面胶

中图分类号:TQ330.38⁺2;U463.341⁺.3

文献标志码:A

文章编号:2095-5448(2019)09-0522-04

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2019.09.0522

随着社会经济和汽车工业的快速发展,汽车保有量日益增大,轮胎作为汽车的重要组成部分之一,市场竞争日趋激烈。近年来,为适应全球经济发展变化,增强产品的市场竞争力,轮胎企业纷纷加快新材料应用和新产品研发步伐^[1-2]。

胎面是矿山用全钢载重子午线轮胎的主要受压、受热部件,由于大型露天矿山和矿场等使用环境十分恶劣、行驶路面条件苛刻,因此对提高轮胎的耐热老化性能、动态疲劳性能及降低生热提出了更高的要求。抗疲劳剂KP是以易分散无机物为载体、负载高效有机复合耐疲劳助剂,具有易分散、高耐磨等特点,可有效提高胶料的耐疲劳性能,同时改善胶料的耐磨性能、滚动阻力性能和抗湿滑性能等。为提高我公司矿山用全钢载重子午线轮胎的市场竞争力和占有率,确保产品质量,对抗疲劳剂KP等量替代抗疲劳剂G-108在矿山用全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用进行研究。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),STR20,泰国进口产品;丁苯

作者简介:薛彬彬(1986—),男,山东滨州人,山东华盛橡胶有限公司工程师,学士,主要从事新材料开发及应用工作。

E-mail:544528985@qq.com

橡胶(SBR),牌号1502E,中国石化齐鲁石油化工有限公司产品;炭黑N234,嘉峪关大友嘉能化工有限公司产品;均匀剂RH-100,连云港锐巴化工有限公司产品;抗疲劳剂KP,广州来力实业有限公司产品。

1.2 配方

生产配方:NR/SBR 100,炭黑N234 50,氧化锌/硬脂酸 5.5,热塑性对叔丁基酚-甲醛树脂 2,均匀剂RH-100 7.5,防老剂 4,抗疲劳剂G-108 1.5,促进剂 1.55,不溶性硫黄OT20 1.32。

试验配方:以抗疲劳剂KP等量替代抗疲劳剂G-108,其他同生产配方。

1.3 主要设备和仪器

X(S)M-1.5X(0-120)型智能试验密炼机和XK-160型开炼机,青岛科高橡塑机械技术装备有限公司产品;GK400和GK255型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;MV2000型门尼粘度仪和MDR2000型无转子硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;XL-800×800×2型平板硫化机,青岛光越橡胶机械制造有限公司产品;TD-401A型热老化试验机,江都市腾达试验仪器厂产品;GT-TCS-2000型电子拉力机,中国台湾高铁科技

股份有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 混炼

(1) 小配合试验胶料采用两段混炼工艺混炼。一段混炼在X(S)M-1.5X(0-120)型密炼机中进行,转子转速为 $70\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砵压力为25 MPa,混炼工艺为:生胶、均匀剂等小料→压砵(80 s)→炭黑(150 s)→提压砵(100 s)→清扫(150 s)→提压砵(70 s),转子转速为 $65\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ →排胶($150\sim 155\text{ }^{\circ}\text{C}$)→薄通、下片,停放4 h,备用。二段混炼在开炼机上进行,混炼工艺为:一段混炼胶和其他材料(终炼小料)→过辊6—8次→薄通10次(混炼均匀)→下片,备用。

(2) 大配合试验胶料采用4段混炼工艺混炼。各段混炼胶停放时间不短于4 h。一段混炼在GK400型密炼机中进行,转子转速为 $55\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砵压力为14 MPa,混炼工艺为:生胶和小料→压砵(35 s)→1/2炭黑(35 s)→提压砵(30 s)→排胶[(170 ± 5) $^{\circ}\text{C}$]。二段混炼在GK400型密炼机中进行,转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砵压力为12 MPa,混炼工艺为:一段混炼胶、剩余1/2炭黑→压砵(25 s)→提压砵(25 s)→排胶[(170 ± 5) $^{\circ}\text{C}$]。三段混炼在GK400型密炼机中进行,转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砵压力为12 MPa,混炼工艺为:二段混炼胶→压砵(25 s)→提压砵(45 s)→排胶($150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下)。四段混炼在GK255型密炼机中进行,转子转速为 $25\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砵压力为10 MPa,混炼工艺为:三段混炼胶、硫黄和促进剂→压砵(35 s)→提压砵(35 s)→提压砵(25 s)→排胶[(110 ± 5) $^{\circ}\text{C}$]。

1.4.2 硫化

混炼胶在平板硫化机上硫化,硫化条件为 $151\text{ }^{\circ}\text{C}\times 30\text{ min}$ 。

1.5 性能测试

(1) 门尼粘度。按照GB/T 1232.1—2000《未硫化橡胶用圆盘剪切粘度计测定 第1部分:门尼粘度的测定》测试。

(2) 硫化特性。按照GB/T 16584—1996《橡胶用无转子硫化仪测定硫化特性》测试,试验温度为 $151\text{ }^{\circ}\text{C}$,振幅为 $\pm 1^{\circ}$ 。

(3) 物理性能。邵尔A型硬度按照GB/T

531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法》测试,测量3个试样,取中位数;拉伸性能按照GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》测试,采用I型试样,拉伸速率为 $500\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$;撕裂强度按照GB/T 529—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 撕裂强度的测定(直角形试样)》测试,测量3个试样,取中位数;耐老化性能按照GB/T 3512—2014《硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验》测定,老化条件为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}\times 48\text{ h}$ 。

2 结果与讨论

2.1 理化性能

抗疲劳剂KP和G-108的理化性能如表1所示。从表1可以看出,抗疲劳剂KP和G-108的理化性能处于同等水平,且均符合企业标准要求。

表1 抗疲劳剂的理化性能

项 目	测定值		企业标准
	KP	G-108	
外观	浅黄色颗粒	红棕色颗粒	浅蓝或米灰色粉末
沉实体积/($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	2.6	2.8	2.0~3.0
加热减量($65\text{ }^{\circ}\text{C}\times 2\text{ h}$)/%	2.7	2.9	≤ 4.0

2.2 小配合试验

2.2.1 门尼粘度、硫化特性和炭黑分散等级

表2示出了小配合试验胶料的门尼粘度、硫化特性和炭黑分散等级。从表2可以看出:与生产配方胶料相比,试验配方胶料的炭黑分散等级较高,说明橡胶与炭黑之间形成的结合橡胶更多,有利

表2 小配合试验胶料的门尼粘度、硫化特性和炭黑分散等级

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)125 $^{\circ}\text{C}$]	45	45
门尼焦烧时间 t_5 (125 $^{\circ}\text{C}$)/min	19.3	20.4
硫化仪数据(185 $^{\circ}\text{C}$)		
F_L /($\text{dN}\cdot\text{m}$)	2.40	2.44
F_{max} /($\text{dN}\cdot\text{m}$)	15.27	14.99
$F_{\text{max}}-F_L$ /($\text{dN}\cdot\text{m}$)	12.87	12.55
t_{10} /min	2.86	3.00
t_{30} /min	3.87	4.17
t_{60} /min	5.17	5.51
t_{90} /min	9.92	9.54
$t_{90}-t_{10}$ /min	7.06	6.54
炭黑分散等级	7	5

于炭黑在混炼胶中的分散,试验配方胶料的加工性能较好;试验配方胶料的硫化速率与生产配方胶料差异不大。

2.2.2 物理性能

表3示出了小配合试验硫化胶的物理性能。

项 目	试验配方	生产配方
密度/(Mg·m ⁻³)	1.110	1.108
邵尔A型硬度/度	69	70
100%定伸应力/MPa	2.2	2.1
300%定伸应力/MPa	10.9	10.2
拉伸强度/MPa	26.4	25.6
拉伸伸长率/%	584	585
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	69	65
回弹值/%	41	41
压缩疲劳试验 ¹⁾		
压缩生热/℃	98.7	100.1
压缩永久变形/%	23	25
阿克隆磨耗量/cm ³	0.221	0.294
DIN磨耗量/cm ³	0.118	0.125
磨耗指数 ²⁾	182	172
100℃×48h热空气老化后		
邵尔A型硬度/度	72	72
100%定伸应力/MPa	3.1	3.1
300%定伸应力/MPa	12.9	12.8
拉伸强度/MPa	23.7	22.8
拉伸伸长率/%	523	510
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	65	64
阿克隆磨耗量/cm ³	0.401	0.419
DIN磨耗量/cm ³	0.122	0.135
磨耗指数 ²⁾	176	159
动态臭氧老化 ³⁾		
龟裂密度等级	b	c
龟裂宽度等级	3	4

注:1)冲程 4.45 mm,负荷 1 MPa,频率 30 Hz,温度 55℃;2)磨耗指数=标准试样DIN磨耗量/试验试样DIN磨耗量×100;3)臭氧体积分数为5×10⁻⁷,试样拉伸率为30%,老化时间为48h。

从表3可以看出:与生产配方硫化胶相比,试验配方硫化胶的硬度、定伸应力、拉伸强度和拉伸伸长率相差不大;撕裂强度较大,说明其抗切割和抗刺扎性能较好;耐磨耗性能、耐热老化性能和耐动态臭氧老化性能改善显著。

2.2.3 动态力学性能

表4示出了小配合试验硫化胶的动态力学性能。

从表4可以看出:与生产配方硫化胶相比,试验配方硫化胶的耐高温动态疲劳性能明显提高;

表4 小配合试验硫化胶的动态力学性能

项 目	试验配方	生产配方
高温动态疲劳次数×10 ⁻⁴	13	6
损耗因子(tanδ)		
0℃	0.243	0.255
60℃	0.187	0.205

且60℃时的tanδ减小,说明胶料的生热和滚动阻力明显降低,有利于节能降耗;0℃时的tanδ变大,说明胶料的抗湿滑性能得到了一定程度的改善。可见,抗疲劳剂KP等量替代抗疲劳剂G-108后,胶料的耐疲劳性能提高,滚动阻力降低,抗湿滑性能改善。

2.3 大配合试验

2.3.1 门尼粘度、硫化特性和炭黑分散等级

表5示出了大配合试验胶料的门尼粘度、硫化特性和炭黑分散等级。

表5 大配合试验胶料的门尼粘度、硫化特性和炭黑分散等级

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)125℃]	51	51
门尼焦烧时间t ₅ (125℃)/min	17.9	18.2
硫化仪数据(185℃)		
F _L /(dN·m)	2.47	2.50
F _{max} /(dN·m)	14.61	14.50
F _{max} -F _L /(dN·m)	12.14	12.00
t ₁₀ /min	2.97	3.05
t ₉₀ /min	9.54	9.29
t ₉₀ -t ₁₀ /min	6.57	6.24
炭黑分散等级	8	8

从表5可以看出,与生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼粘度和硫化特性基本相当。除了胶料的炭黑分散等级外,大配合试验结果与小配合试验结果基本一致。分析认为:小配合试验胶料在实验室制备,受密炼机混炼时间、压力、温度局限较多;大配合试验胶料采用车间大密炼机制备,混炼空间大,时间较长,温度高,有利于炭黑分散。

2.3.2 物理性能

表6示出了大配合试验硫化胶的物理性能。

从表6可以看出,与生产配方硫化胶相比,试验配方硫化胶的耐磨性能、抗撕裂性能和耐热老化性能明显提高,压缩永久变形和压缩生热降低,大配合试验结果与小配合试验结果基本一致。

2.4 工艺性能

试验配方胎面胶的工艺性能如下。

表6 大配合试验硫化胶的物理性能

项 目	试验配方	生产配方
密度/(Mg·m ⁻³)	1.154	1.157
邵尔A型硬度/度	74	72
100%定伸应力/MPa	3.6	3.3
300%定伸应力/MPa	15.8	15.7
拉伸强度/MPa	24.4	24.0
拉伸伸长率/%	563	562
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	99	96
回弹值/%	42	41
压缩疲劳试验 ¹⁾		
压缩生热/℃	45.1	47.3
压缩永久变形/%	17.3	17.4
阿克隆磨耗量/cm ³	0.260	0.272
DIN磨耗量/cm ³	0.113	0.121
100℃×48h热空气老化后		
邵尔A型硬度/度	76	77
100%定伸应力/MPa	5.2	4.9
300%定伸应力/MPa	19.5	19.3
拉伸强度/MPa	22.0	21.8
拉伸伸长率/%	452	448
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)		
阿克隆磨耗量/cm ³	0.306	0.311
DIN磨耗量/cm ³	0.114	0.117
磨耗指数 ²⁾	67	66
动态臭氧老化 ³⁾		
龟裂密度等级	b	c
龟裂宽度等级	2	2

注:同表3。

(1)混炼胶表面光滑,韧性好,均匀致密,炭黑分散良好。

(2)半成品部件压延表面光滑平整、尺寸稳

定、无破边现象,满足现场生产工艺要求。

(3)成型和硫化工艺正常,半成品接头粘性和胎坯挺性良好。

2.5 成品轮胎耐久性能

为进一步验证成品轮胎性能,采用试验配方试制12.00R20 18PR全钢载重子午线轮胎,并将试验轮胎与正常轮胎按照GB/T 4501—2008进行耐久性能试验,试验条件为:充气压力 830 kPa,额定负荷 3 750 kg,试验速度 55 km·h⁻¹。结果表明,试验轮胎与正常轮胎的累计行驶时间均为47 h,试验结束时轮胎均未损坏,通过耐久性能试验。

3 结论

在全钢载重子午线轮胎胎面胶中用抗疲劳剂KP等量替代抗疲劳剂G-108,胶料的加工性能改善,硫化胶的耐磨性能、抗撕裂性能、耐高温动态疲劳性能、耐热老化性能和耐动态臭氧老化性能显著改善,压缩永久变形和压缩生热减小,滚动阻力降低,抗湿滑性能改善。采用抗疲劳剂KP的胎面胶试制的成品轮胎通过耐久性能测试。

参考文献:

- [1] 陈益艺,赵素合,张兴英,等. 高乙烯基溶聚丁苯橡胶在轮胎胎面胶中的应用[J]. 橡胶工业,2018,65(3):268-272.
- [2] 何燕,高江珊,徐瑾,等. 多壁碳纳米管对全钢子午线轮胎胎面胶性能的影响[J]. 橡胶工业,2018,65(1):74-77.

收稿日期:2019-03-23

Application of Anti-fatigue Agent KP in Tread Compound of Truck and Bus Radial Tire for Mine

XUE Binbin, CHEN Jianjun, NI Haichao

(Shandong Huasheng Rubber Co., Ltd, Guangrao 257300, China)

Abstract: The application of anti-fatigue agent KP in the tread compound of truck and bus radial tire for mine was studied and compared with anti-fatigue agent G-108. The results showed that, with the same amount of KP replacing G-108 in the tread compound, the processability, wear resistance, high temperature dynamic fatigue resistance, thermal aging resistance, dynamic ozone aging resistance and tear resistance were improved significantly, the permanent compression deformation and compression heat build-up were reduced, the rolling resistance was reduced, the wet skid resistance was improved, and the finished tire passed the durability test.

Key words: anti-fatigue agent; truck and bus radial tire; tread compound