

# 热稳定剂YG在无印痕实心轮胎中的应用

王宇<sup>1</sup>,王克成<sup>2</sup>

(1.天津万达轮胎集团有限公司,天津 300402;2.浙江富铭工业机械有限公司,浙江 临海 317000)

**摘要:**研究热稳定剂YG在无印痕实心轮胎中的应用。结果表明:加入热稳定剂YG的胶料的门尼粘度略微降低,胶料的分散性、挤出性能和流动性改善,满足实际生产工艺要求;与生产配方硫化胶相比,加入热稳定剂YG的试验配方硫化胶的拉伸强度和拉伸伸长率增大,耐屈挠龟裂性能和耐磨性能提高,压缩屈挠温升减小,热氧老化后拉伸强度变化率和拉伸伸长率变化率减小,试验配方硫化胶的物理性能更优异;生产和试验配方成品轮胎的耐久性能相当,且采用试验配方生产无印痕实心轮胎在行驶过程中无印痕、变色轻、磨损减轻,有利于延长轮胎的使用寿命。

**关键词:**热稳定剂YG;无印痕实心轮胎;压缩屈挠温升;耐久性能

**中图分类号:**TQ336.1<sup>+</sup>3;TQ330.38<sup>+</sup>7

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2022)07-0420-04

**DOI:**10.12135/j.issn.1006-8171.2022.07.0420



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

近年来随着厂房环保建设水准的提升和现场地面环境的改善,室内车辆使用无印痕实心轮胎替代普通实心轮胎数量明显增长。无印痕实心轮胎一般要求行驶无痕迹、变色轻和具备耐磨损性能<sup>[1]</sup>。

热稳定剂YG由脂肪族支链胺基衍生物制得,将其添加至橡胶制品中,通过硫化交联反应,橡胶制品的生热性降低以及热稳定性增强,还兼有耐热氧、耐臭氧和防老化性能<sup>[2]</sup>。热稳定剂YG在橡胶中易分散,与苯乙烯苯酚类防老剂SP-C和2-巯基苯并咪唑防老剂MB并用可获得明显的协同效果<sup>[3-7]</sup>。

本工作研究热稳定剂YG在无印痕实心轮胎中的应用,以期延长制品使用寿命,保证制品无污染、不变色特性提供参考。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),牌号SCR L浅色胶,海南农垦实业集团有限公司产品;乳聚丁苯橡胶(ESBR),牌号1500,中国石油天然气股份有限公司吉林石

化公司产品;沉淀法白炭黑,通化双龙化工股份有限公司产品;间接法氧化锌,安徽含山县锦华氧化锌厂产品;硬脂酸,苏州藏书建材有限公司产品;钛白粉,济南双萍化工科技有限公司产品;增粘树脂,大庆华科股份有限公司产品;微晶蜡,山东阳谷华泰化工股份有限公司产品;防老剂SP-C,江苏卡欧化工股份有限公司产品;防老剂MB,蔚林新材料科技有限公司产品;热稳定剂YG,台州市黄岩东海化工有限公司产品;硫黄,临沂市昌盛化工有限公司产品。

### 1.2 配方

生产配方:NR 90,ESBR 10,白炭黑 62,硅烷偶联剂 3,氧化锌 5,硬脂酸 1.8,防老剂SP-C 3;防老剂MB 3,微晶蜡 1,钛白粉 4,增粘树脂 2,增硬剂HMZ 2,硫黄 1.8,促进剂CBS/促进剂DTDM/促进剂AC-P84 2.6,其他 2.3。

试验配方:用2份热稳定剂YG+2份防老剂SP-C+2份防老剂MB代替3份防老剂SP-C+3份防老剂MB,其他组分及用量同生产配方。

### 1.3 主要设备和仪器

XMY-1型密炼机和XK-100型开炼机,四川亚西橡塑机器有限公司产品;X(S)M-110型密炼机、XJY210X568型双锥螺杆橡胶压片挤出机和

**作者简介:**王宇(1986—),男,黑龙江牡丹江人,天津万达轮胎集团有限公司工程师,学士,主要从事轮胎和橡胶履带的设计与工艺管理工作。

**E-mail:**13136476366@126.com

XK-610型开炼机,大连嘉美达橡塑机械有限公司产品;M2000E型门尼粘度仪和C2000E型无转子硫化仪,江苏明珠试验机械有限公司产品;XLB-400X400X2型平板硫化机、JDL5600D电子万能试验机和401A型热老化试验箱,扬州市天发试验机械有限公司产品;压缩生热试验机,东莞市科锐仪器科技有限公司产品;实心轮胎耐久试验机,东莞市浩大自动化设备有限公司产品。

#### 1.4 试样制备

小配合试验胶料采用两段混炼,一段混炼在XMY-1型密炼机中进行,二段混炼在XK-100型开炼机上进行。混炼工艺如下:加生胶(90 s)→加白炭黑及氧化锌等小料→压压砣(300 s)→提压砣→压压砣至150℃→排胶,在开炼机上下片。母胶停放4 h后,在开炼机上加入硫黄和促进剂,薄通、打卷以及打三角包使胶料分散均匀后下片冷却。

大配合试验胶料采用三段混炼,均在X(S)M-110型密炼机中进行。

一段混炼转子转速为40 r·min<sup>-1</sup>、初始温度为125℃、压力为14 MPa,混炼工艺如下:加生胶(90 s)→加白炭黑及氧化锌等小料(60 s)→提压砣清扫→压压砣(70 s)→排胶。将胶料移至双锥螺杆橡胶压片挤出机,经过挤出压片、浸隔离剂、风冷和落片停放。

二段混炼转子转速为30 r·min<sup>-1</sup>、初始温度为110℃、压力为14 MPa,混炼工艺如下:加入一段混炼胶(60 s)→提压砣(3 s)→压压砣(60 s)→提压砣(3 s)→压压砣(30 s)→排胶。将胶料移至双锥螺杆橡胶压片挤出机,经过挤出压片、浸隔离剂、风冷和落片停放。

三段混炼转子转速为20 r·min<sup>-1</sup>、初始温度为80℃、压力为10 MPa,混炼工艺如下:加入二段混炼胶(10 s)→加硫黄、促进剂、防焦剂→压压砣(60 s)→提压砣(5 s)→压压砣(60 s)→排胶。在XK-610型开炼机上捣胶4次,下片、浸隔离剂、风冷和落片停放。

胶料在平板硫化机上硫化,硫化条件为150℃×30 min。

#### 1.5 性能测试

胶料各项性能均按相应国家标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 热稳定剂YG理化性能

热稳定剂YG的理化性能如表1所示。

表1 热稳定剂YG的理化性能

项 目	实测值	指标 <sup>1)</sup>	试验方法
外观	白色片状	白色片状	在自然光线下目测
熔点/℃	85	≥82	GB/T 11409—2008
加热减量 <sup>2)</sup> /%	1	≤2	GB/T 11409—2008
灰分质量分数/%	20	≤28	GB/T 11409—2008

注:1)Q/D OH45—2015《台州市黄岩东海化工有限公司企业标准》;2)条件为60℃×2 h。

由表1可以看出,热稳定剂YG各项理化性能均达到企业标准要求。

### 2.2 小配合试验

小配合试验胶料性能见表2。

表2 小配合试验胶料性能

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	36	39
门尼焦烧时间 $t_5$ (120℃)/min	45	48
硫化仪数据(150℃)		
$F_L$ /(dN·m)	1.89	1.92
$F_{max}$ /(dN·m)	11.70	11.80
$t_{10}$ /min	6.32	6.47
$t_{90}$ /min	10.25	10.55
硫化胶性能		
邵尔A型硬度/度	66	68
300%定伸应力/MPa	9.1	10.0
拉伸强度/MPa	21.0	19.7
拉伸伸长率/%	435	413
拉伸永久变形/%	22	21
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	101	103
3级龟裂屈挠次数×10 <sup>-4</sup>	8	7
金属与橡胶粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	18	18
阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.227	0.276
压缩屈挠温升 <sup>1)</sup> /℃	15.7	17.8
100℃×96 h热空气老化后		
邵尔A型硬度变化/度	+3	+3
拉伸强度变化率/%	-2.38	-8.38
拉伸伸长率变化率/%	-8.82	-14.03

注:1)试验条件为冲程(5.17±0.03) mm,负荷(1±0.03) MPa,温度(55±1)℃,频率(30±0.3) Hz,预热时间30 min,试验时间25 min。

由表2可见:与生产配方胶料相比,试验配方胶料的门尼焦烧时间、 $t_{10}$ 和 $t_{90}$ 略微缩短,对胶料的硫化工艺影响不大;胶料的门尼粘度略微降低,胶料的分散性、挤出性能和流动性得到改善,可减少

轮胎产品花纹沟槽裂口,满足生产工艺要求。

从表2还可以看出:与生产配方硫化胶相比,试验配方硫化胶的拉伸强度和拉断伸长率略微增大,耐屈挠龟裂性能和耐磨性能提高,压缩屈挠温升减小;邵尔A型硬度、300%定伸应力、撕裂强度和金属与橡胶的粘合强度无明显差异;热空气老化后硫化胶的拉伸强度变化率和拉断伸长率变化率减小,硬度变化无差异。

### 2.3 大配合试验

大配合试验胶料性能见表3。

从表3可以看出,与生产配方硫化胶相比,试验配方硫化胶的总体物理性能更佳,且大配合试验胶料的硫化特性和物理性能变化趋势与小配合试验胶料基本一致。表明加入热稳定剂YG后,胶料的硫化特性和物理性能更优异。

### 2.4 成品性能

采用试验配方和生产配方制备15X5X1/4规格工业车辆用无印痕实心轮胎。成品轮胎的耐久性试验按GB/T 22391—2017《实心轮胎耐久性试验方法 转鼓法》和GB/T 16622—2009《压配式实心轮胎规格、尺寸与负荷》测试<sup>[8-9]</sup>。成品轮胎的耐久性试验结果如表4所示。

从表4可以看出,当轮胎负荷率增大至100%后,试验轮胎的温升明显低于生产轮胎。轮胎的耐久性试验温升降低有利于延长轮胎的使用寿命<sup>[10-15]</sup>。

表3 大配合试验胶料性能

项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	34	38
门尼焦烧时间 $t_5$ (120℃)/min	43	47
硫化仪数据(150℃)		
$F_L$ /(dN·m)	1.81	1.86
$F_{max}$ /(dN·m)	11.68	11.76
$t_{10}$ /min	6.35	6.53
$t_{90}$ /min	10.43	10.88
硫化胶性能		
邵尔A型硬度/度	67	68
300%定伸应力/MPa	9.8	10.5
拉伸强度/MPa	20.9	20.2
拉断伸长率/%	456	431
拉断永久变形/%	24	22
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	105	109
3级龟裂屈挠次数×10 <sup>-4</sup>	7	6
金属与橡胶粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	17	18
阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.208	0.259
压缩屈挠温升 <sup>1)</sup> /℃	16.3	18.6
100℃×96h热空气老化后		
邵尔A型硬度变化/度	+3	+3
拉伸强度变化率/%	-3.96	-7.82
拉断伸长率变化率/%	-9.21	-15.12

注:同表2。

从表4还可以看出,试验轮胎和生产轮胎的耐久性试验结果均为通过,耐久性能均符合国家标准要求。从提供给公司OEM客户装车试验的轮胎使用情况以及反馈信息和数据统计对比分析,采用试验配方生产的无印痕实心轮胎15X5X1/4在行驶过程中无印痕、变色轻、磨损减轻,有利于延长轮胎的使用寿命。

表4 成品轮胎耐久性试验结果

试验阶段	负荷率/%	负荷/kg	时间/min	测试温度/℃					
				试验轮胎测温点			生产轮胎测温点		
				1	2	3	1	2	3
0	0	0	0	15.2	14.8	15.4	14.9	15.2	15.3
1	50	497	15	33.3	34.2	35.1	33.2	34.1	36.5
2	60	597	15	38.6	39.2	37.7	39.5	39.1	37.6
3	70	696	15	42.4	44.6	41.9	41.1	45.7	43.4
4	80	796	15	45.6	47.2	48.6	45.9	45.8	49.8
5	90	895	15	48.1	49.2	51.0	55.0	49.6	53.9
6	100	995	15	55.0	50.5	53.8	60.0	51.5	55.6
7	100	995	15	58.6	56.9	54.1	61.9	61.2	55.9
8	100	995	15	60.1	59.7	55.2	63.5	61.8	56.2
9	100	995	15	61.5	62.4	59.9	65.6	64.4	62.5

注:试验基准负荷为995 kg,试验速度为16 km·h<sup>-1</sup>,环境温度为(25±5)℃。

### 3 结论

(1) 加入热稳定剂YG后, 胶料的门尼粘度略微降低, 胶料的分散性、挤出性和流动性改善, 满足实际生产工艺要求。

(2) 与生产配方硫化胶相比, 加入热稳定剂YG的试验配方硫化胶的拉伸强度和拉伸伸长率增大, 耐屈挠龟裂性能和耐磨性能提高, 压缩屈挠温升减小, 热空气老化后拉伸强度变化率和拉伸伸长率变化率减小, 试验配方硫化胶的物理性能更优异。

(3) 成品试验轮胎耐久性能与生产轮胎相当, 且采用试验配方生产的无印痕实心轮胎在行驶过程中无印痕、变色轻、磨损减轻, 有利于延长轮胎的使用寿命。

**致谢:** 台州市黄岩东海化工有限公司丘黎明工程师对本文中热稳定剂YG产品给予技术性支持, 在此表示感谢!

#### 参考文献:

- [1] 陈亚洲. 一种浅色无痕环保实心轮胎及其生产工艺[P]. 中国: CN 103131056A, 2013-06-05.
- [2] 王克成, 邱黎明. 热稳定剂YG-638在ASV橡胶履带花纹侧胶中的应用[J]. 橡胶科技, 2018, 16(7): 25-28.
- [3] 李辉, 高杨, 张进, 等. 新型防老剂N3100在天然橡胶中的析出性及其机理研究[J]. 橡胶工业, 2019, 66(4): 249-255.

- [4] 陈俊, 张永鹏, 郭绍辉. 防老剂2,4-二叔丁基-6-环己亚胺苯酚的制备及在天然橡胶中的应用[J]. 合成橡胶工业, 2014, 37(1): 57-63.
- [5] 沈昌乐, 高金玲. 酚类抗氧化剂在聚合物中的应用及研究进展[J]. 天津化工, 2006(4): 16-19.
- [6] 孙乃滨, 白玉兰, 孙振宇. 防老剂350和PS-988与其它防老剂的性能对比试验[J]. 轮胎工业, 2002, 22(3): 147-150.
- [7] 中国化工学会橡胶专业委员会. 橡胶助剂手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 实心轮胎耐久性能试验方法转鼓法: GB/T 22391—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 压配式实心轮胎规格、尺寸与负荷: GB/T 16622—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 安林, 陈子龙, 于飞, 等. 炭黑填充橡胶非线性压缩生热性能的研究[J]. 橡胶工业, 2020, 67(7): 141-146.
- [11] 王克成, 罗威. 模量增强剂HMZ在实心轮胎胎芯胶中的应用[J]. 橡胶科技, 2020, 18(6): 325-328.
- [12] 谢熠萌. 基于有限元法的某型子午线轮胎耐久性分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2017.
- [13] 李中英. 带束层帘线直径和压延密度对轮胎耐久性能的影响[J]. 科技与创新, 2017(1): 104.
- [14] 孙奇涛, 王庆, 张腾飞, 等. 半钢子午线轮胎耐久性试验问题分析及解决措施[J]. 橡胶科技, 2021, 19(4): 190-192.
- [15] 邱屹, 刘志腾, 左兆迎. 轮胎耐久性及高速性能转鼓试验机校准和测量能力研究[J]. 质量与认证, 2021(6): 74-75.

收稿日期: 2022-02-16

## Application of Heat Stabilizer YG in Non-footprint Solid Tires

WANG Yu<sup>1</sup>, WANG Kecheng<sup>2</sup>

(1. Tianjin Wanda Tire Group Co., Ltd, Tianjin 300402, China; 2. Zhejiang Fuming Industrial Machinery Co., Ltd, Linhai 317000, China)

**Abstract:** The application of heat stabilizer YG in non-footprint solid tires was studied. The results showed that, by adding heat stabilizer YG, the Mooney viscosity of the compound was slightly reduced, and the filler dispersion, the extrudability and fluidity of the compound were improved which met the actual production process requirements. Compared with the production formula vulcanizate, the tensile strength and elongation at break of the test formula vulcanizate with heat stabilizer YG increased, flexural cracking resistance and abrasion resistance were improved, and the compression flexural temperature rise decreased, the change rate of tensile strength and elongation at break after thermo-oxidative aging decreased, indicating that the physical properties of test formula vulcanizates were better. The durability of the finished tires of the production and test formulas was equivalent, the non-footprint solid tires with the test formula produced no footprint during the driving process, the discoloration was light and the wear was reduced, which was beneficial to prolong the service life of the tire.

**Keywords:** heat stabilizer YG; non-footprint solid tire; compression flexural temperature rise; durability