

环保长效防老剂 3100G 在橡胶减震产品中的应用

刘士铎¹, 韩锦程²

(1. 河北腾跃铁路车辆配件科技有限公司, 河北 辛集 052360)

(2. 青岛科技大学, 山东 青岛 266042)

摘要: 本工作是在优化减震产品胶料的橡胶主体材料、硫化体系的基础上, 通过添加适量份数性能优异的环保长效抗老化助剂 3100G, 提升产品胶料性能及产品老化性能、产品疲劳性能, 进一步提升产品质量和疲劳寿命。

关键词: 主体材料; 助硫化体系; 产品刚度变化率; 产品疲劳变形量

引用论文: 刘士铎, 韩锦程. 环保长效防老剂 3100G 在橡胶减震产品中的应用 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(5):61-64.

中图分类号: TQ330.387

文章编号: 1009-797X(2026)05-0061-04

文献标识码: B

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.05.013

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR), RSS3, 泰国产品; 顺丁橡胶(BR), 牌号 9000, 北京燕山石化橡塑化工有限责任公司产品; 丁戊橡胶 TFBI68、稀土顺丁橡胶 NdBR910, 浙江传化合成材料股份有限公司; 炭黑 N550, N774, N234, 上海卡博特化工有限公司产品; 均匀剂 50P, 抗疲劳助剂 Zincolet-40P, 上海深茂橡塑科技有限公司提供; 抗硫化还原剂 TDB680, 3100G 环保型长效橡胶防老剂, 安徽阜阳利普化工有限公司产品; 莱茵微晶蜡 500, 青岛唐乐化工有限公司提供, 其余原材料均为橡胶工业市售产品。

1.2 主要仪器

XK-450 型开炼机, 广东湛江机械厂产品; GT-7104 型电加热平板硫化机和 AI-7000S 型电子拉力机, 中国台湾高铁检测仪器有限公司产品; UR-2010SD 型橡胶硫化仪、UA-2079 型高低温试验箱, 台湾优肯科技股份有限公司产品; 硫化橡胶蠕变测定仪, 江苏明珠试验机械有限公司产品; MTS322.31 型疲劳试验机, 美国美特斯工业系统有限公司产品。

1.3 性能测试标准

橡胶胶料拉伸性能试验测试按 GB/T528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变的测定》标准进行; 橡胶胶料撕裂性能试验按 GB/T529—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤形、直角形和

新月形试样)》标准进行; 橡胶胶料老化性能试验测试按 GB/T3512—2014《硫化橡胶或热塑性橡胶热空气加速老化和耐热试验》标准进行; 橡胶胶料的压缩永久变形性能试验测试按 GB/T7759.1—2015《硫化橡胶或热塑性橡胶压缩永久变形的程度第 1 部分: 在常温及高温条件下》标准进行; 胶料蠕变测试按 GB/T19242《硫化橡胶 在压缩或剪切状态下蠕变的测定》标准进行; 耐臭氧老化性能按 GB/T7762 试验方法进行; 产品动态疲劳试验按产品疲劳标准试验。

1.4 原来胶料配方

橡胶, 100; 硫磺和促进剂, 3.5; 活性剂, 7; 防老剂, 4.5; 炭黑及补强剂, 70; 古马龙, 3; 流动助剂, 2.5; 增塑剂, 5; 其余; 5; 总计: 200.5。

2 结果与讨论

减震橡胶产品疲劳破坏的形式一般是产品疲劳老化变形和裂纹龟裂, 裂纹龟裂一般是臭氧老化所致, 添加一定数量的防护蜡和橡胶防老剂配合就可以改善产品在使用过程中出现的龟裂这种情况。产品疲劳变形是导致降低橡胶减震产品使用寿命的直接因素, 改善产品疲劳变形就需要改善产品橡胶胶料配方, 提高产品橡胶胶料耐疲劳老化性能和减少产品疲劳老化变

作者简介: 刘士铎(1964—), 男, 学士, 高级工程师, 主要从事配方设计和工艺管理工作。

形性能。通过在产品胶料中优化产品胶料的主体材料及添加硫化助剂,选择增加环保长效防老剂,来改善胶料耐疲劳和耐老化性能,降低产品出现裂纹龟裂现象和产品疲劳变形,提升产品的疲劳性能。

2.1 胶料主体材料的优化

减震产品的主体材料是橡胶,一般减震产品主要是采用天然、顺丁,为了提升产品疲劳性能,用高门

尼的稀土顺丁橡胶 NdBR9106 代替普通 BR9000,提高胶料的弹性。为了兼顾抗撕裂疲劳性能,适当添加丁戊橡胶。优化减震产品胶料主体材料前后胶料和产品性能测试结果如表 1。

从表 1 可以看出,采用配方胶料的主体材料优化后,胶料物理性能和产品性能总体较好。

表 1 优化主体材料前后胶料与产品性能测试结果

项目	技术标准	原来胶料主体材料	优化后胶料主体材料
胶料硫化性能 (145 °C ×15 min)			
$M_L/dN \cdot m$		0.12	0.13
$M_H/dN \cdot m$		1.07	1.23
T_{10}/min		5:20	5:24
T_{90}/min		10:12	10:34
胶料性能 (145 °C ×12 min)			
硬度	65±5	22.7	21.8
拉伸强度 /MPa	≥ 15.0	386	399
拉伸伸长率 /%	≥ 350	56	68
无割口直角撕裂强度 /($kN \cdot m^{-1}$)			
压缩永久变形			
35 °C ×24 h(25%)	≤ 10	10.8	8.9
70 °C ×24 h(25%)	≤ 20	18.9	16.3
110 °C ×3 h(25%)	≤ 25	20.3	16.8
拉伸强度变化率 /%			
70 °C ×96 h	≥ -15	-2.9	-2.9
110 °C ×3 h	≥ -10	-5.1	-6.0
产品性能			
产品 (硫化 145 °C ×50 min)			
制品高温 (50 °C) 刚度变化率 /%	≤ 10	8.90	8.80
制品低温 (-40 °C) 刚度变化率 /%	≤ 20	20	13.80
产品疲劳性能			
纵向疲劳试验产品表面出现			
裂纹次数 /W 次	≥ 100	89.6	100
产品疲劳后刚度变化率 /%	≤ 20	18.80	13.80
产品疲劳后产品变形量 /mm	≤ 4	3.8	2.6

2.2 硫化体系的优化

原来胶料硫化体系采用 CZ 和 DM 硫化体系,胶料疲劳性能一般,因胶料是天然橡胶为主,为了降低天然橡胶胶料的硫化还原性能,为了提高产品使用寿命,添加适量份数的抗硫化还原剂 TDB680 和分散助剂 50 p 作为胶料助硫化体系,提高胶料硫化程度和减震产品的性能。优化胶料硫化体系后,胶料和产品性能测试结果如下表 2。

从表 2 可以看出,采用配方胶料的硫化体系优化后,物理性能得到提高,产品疲劳性能有改善。

2.3 优化减震产品胶料的防护体系

3100G 环保长效型橡胶防老剂由抗氧化活性不同的胺类和大分子量的酚类抗氧化剂复合而成,无毒,在天然橡胶和氯丁、丁腈、丁苯、顺丁等合成橡胶中用作环保型长效防老剂。对热、氧、臭氧、气候和屈挠等有良好的长效防护性能。

和传统的防老剂相比,防老剂 3100G 具有以下优点:

(1) 防老效果与 4020 接近,对热、氧、臭氧、气候和屈挠等有良好的防护性能,在胶料中溶解度大,易分散,用量达 5 份胶料不会喷霜,特别适合于防老性能要求高、防老剂用量大的橡胶制品。

(2) 不易被水抽出、热稳定性高、持效性长,不变色,不污染、无毒,属于环保型长效橡胶防老剂。

(3) 挥发性低,耐迁移,耐萃取,有效地防止橡胶在长期老化过程中的热氧化降解。

(4) 尤其对耐温水、洗涤剂抽出以及耐高温高热轮胎胎面、胎侧等制品效果最佳,能够防止胎侧变色及长期热氧老化龟裂。

选择添加 3100G 环保型长效型橡胶防老剂,为了提高产品胶料的耐老化和耐疲劳性能、降低产品在使用过程中的生热、变形性能、稳定产品的刚度,提升

表 2 优化胶料硫化体系后的胶料和产品性能测试结果

项目	技术标准	原来胶料主体材料	优化后胶料和产品性能
胶料硫化性能 (145 °C × 15 min)			
$M_L/dN \cdot m$		0.13	0.16
$M_H/dN \cdot m$		1.07	1.23
T_{10}/min		5:24	5:56
T_{90}/min		10:34	10:04
胶料性能 (145 °C × 12 min)			
蠕变增量 (70 °C 24 h)			
Shore A 硬度	65±5	65.00	66.00
拉伸强度 /MPa	≥ 15.0	21.80	23.80
拉伸伸长率 /%	≥ 350	399.00	412.00
无割口直角撕裂强度 /($kN \cdot m^{-1}$)			
压缩永久变形		68.00	72.00
35 °C × 24 h(25%)	≤ 10	8.90	6.80
70 °C × 24 h(25%)	≤ 20	16.30	14.60
110 °C × 3 h(25%)	≤ 25	16.80	10.80
拉伸强度变化率 /%			
70 °C × 96 h	≥ -15	-2.90	-2.90
110 °C × 3 h	≥ -10	-6.00	-2.90
产品性能			
产品 (硫化 145 °C × 50 min)			
制品高温 (50 °C) 刚度变化率 /%	≤ 10	8.80	6.70
制品低温 (-40 °C) 刚度变化率 /%	≤ 20	16.80	10.50
产品疲劳性能			
纵向疲劳试验产品表面出现			
裂纹次数 /W 次	≥ 100	100	106
产品疲劳后刚度变化率 /%	≤ 20	13.80	9.80
产品疲劳后产品变形量 /mm	≤ 4	2.6	2.0

橡胶弹性减震体的使用寿命, 选择添加合适份数的橡胶防老剂 3100G 进行试验, 产品胶料试验结果如下表 3。

从上表中 3 可以看到产品胶料中添加适量份数的环保长效防老剂 3100G, 产品胶料和产品性能都有不错的提升。

表 3 添加 3100G 环保长效型橡胶防老剂后的胶料和产品性能测试结果

项目	优化前	优化后
胶料硫化性能 (145 °C × 15 min)		
$M_L/dN \cdot m$	0.15	0.1
$M_H/dN \cdot m$	1.23	0.96
T_{10}/min	5:56	6:04
T_{90}/min	11:12	12:14
胶料性能 (145 °C × 12 min)		
蠕变增量 (70 °C 24 h)		
Shore A 硬度	66.00	65.00
拉伸强度 /MPa	23.80	24.20
拉伸伸长率 /%	412.00	431.00
无割口直角撕裂强度 /($kN \cdot m^{-1}$)		
72.00	72.00	78.00
胶料老化性能		
70 °C × 24 h		
Shore A 硬度变化	+1	0.00
拉伸强度变化率 /%	-1.70	-1.80
拉伸伸长率变化率 /%	-5.10	-3.5
70 °C × 96 h		
Shore A 硬度变化	+6	+3
拉伸强度变化率 /%	-6.30%	-3.70
拉伸伸长率变化率 /%	-17.60%	-12.3
110 °C × 24 h		
Shore A 硬度变化	+6	+3
拉伸强度变化率 /%	-16.80	-11.40
拉伸伸长率变化率 /%	-36.70	-32.0
臭氧老化		
(40 °C, 168 h, 臭氧浓度 50×10^{-8} 体积分数, 相对湿度 ≤ 65%, 预伸长 20%)		
有裂纹	有裂纹	无裂纹

续表

项目	优化前	优化后
紫外老化 (UV 光照 336h) 胶料硬度变化	+6	+3
拉伸强度变化率 /%	-12.40	-8.10
扯断伸长率变化率 /%	-19.50	-10.40
产品性能测试 (142 °C 55min)		
产品老化 (70 °C 336 h)		
产品刚度变化率 %	10.90	4.70
产品高低温老化		
-40 °C 产品刚度变化率 /%	19.80	9.80
+50 °C 产品刚度变化率 /%	10.80	5.90
臭氧老化性能		
纵向疲劳试验产品表面出现 (40 °C, 336 h, 臭氧浓度 50×10^{-8} 体积份数, 相对湿度 $\leq 65\%$)	9.40	3.80
产品刚度变化率 /%		
紫外老化 (UV 光照 336 h) 产品刚度变化率 /%	9.80	4.90
产品疲劳性能		
产品疲劳 300 W		
刚度变化率 %	9.80	6.70
产品变形 /mm	2.60	1.25

2.4 产品胶料配方的优化

胶料配方如下: 橡胶, 100; 硫磺和促进剂, 3.50; TDB680, 50P 1.50; 活性剂, 8; 防老剂, 6.0; 炭黑及补强剂, 70.0; 抗疲劳助剂 40 P, 2.0; 莱茵防护蜡 500, 1.5; 其余; 10; 总计: 202.5。

2.5 产品胶料混炼和产品硫化工艺的优化

为了保证胶料和产品的性能, 应该要有较好的产品生产工艺来保证。采用多段混炼工艺, 提高了胶料的分散性能和胶料稳定性; 采用低温长时间硫化产品

工艺, 提高产品的黏合性能和合格率, 同时也提升了产品的疲劳性能。

3 结论

本工作通过优化减震产品胶料的主体材料、硫化体系的基础上, 通过选择性能优异的环保长效抗老化助剂 3100G, 通过改善生产减震橡胶产品的工艺, 提升产品胶料老化、疲劳性能和产品老化性能、产品疲劳性能, 进一步提升产品使用寿命。

Application of environmentally friendly longlasting antioxidant 3100G in rubber shock absorber products

Liu Shiduo¹, Han Jincheng²

(1. Hebei Tengyue Railway Vehicle Parts Technology Co. LTD., Xinji 052360, Hebei, China;

2. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, Shandong, China)

Abstract: This work focuses on optimizing the rubber compound used in shock-absorbing products by adjusting the main rubber material and vulcanization system. By incorporating an appropriate amount of the environmentally friendly and long-lasting anti-aging agent 3100G, which exhibits excellent performance, the compound's properties, as well as the product's aging and fatigue resistance, are enhanced. This approach further elevates the product's quality and extends its fatigue life.

Key words: main material; auxiliary vulcanization system; product stiffness change rate; product fatigue deformation

(R-03)