

特约来稿

芳纶短纤维在泥地轮胎胎面胶中的应用

张勇,董康,徐伟,马洁,刘文国

(青岛双星轮胎工业有限公司,山东青岛 266400)

摘要:研究芳纶短纤维在泥地轮胎胎面胶中的应用。结果表明:与未添加芳纶短纤维的胶料相比,添加芳纶短纤维的胶料焦化时间和正硫化时间略有延长,硫化返原时间呈缩短趋势;硫化胶的抗切割和抗刺扎性能明显提高,损耗因子减小,剪切温升明显降低;当芳纶短纤维用量为3份时性能最佳;成品轮胎的耐久性能随着芳纶短纤维用量增大而提高。

关键词:泥地轮胎;胎面胶;芳纶短纤维;抗切割;抗刺扎;耐久性能

中图分类号:U463.341;TQ330.38⁺³

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2021)01-0003-06

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2021.01.0003



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

当轮胎胎面反复冲击尖锐物体且承载压力集中于胎面时,轮胎受到过高冲击力导致胎面被切割、刺扎^[1]。由于垂直切割方向存在牵引力、制动力和其他作用力,胎面会发生撕裂,形成碎屑脱落,因此要求胎面胶具有优异的抗刺扎性能、抗裂口增长性能以及较小的滞后损失和较低的生热等^[2]。芳纶短纤维具有高模量、高强度以及优异的耐高温性能、抗切割性能和耐化学腐蚀性能,采用预分散芳纶短纤维可以提高泥地轮胎胎面胶的抗切割、抗刺扎和抗撕裂性能^[3-6]。

本工作研究芳纶短纤维在半钢泥地轮胎胎面胶中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),SMR20,马来西亚产品;丁苯橡胶(SBR),牌号1723,充油量为37.5份,中华化学工业有限公司产品;炭黑N234,上海卡博特化工有限公司产品;白炭黑LK975GR,青州联科化工有限公司产品;预分散芳纶短纤维,牌号P91-40/NR,德国莱茵化学公司产品。

作者简介:张勇(1975—),男,山东青岛人,青岛双星轮胎工业有限公司高级工程师,硕士,现任双星集团中央研究院PCR OE开发院副院长,主要负责半钢轮胎的结构、配方及性能研究工作。参加的项目曾获“青岛市科学技术进步奖(三等奖)”“石油和化工行业技术发明二等奖”。

E-mail:zy@doublestar.com.cn

1.2 试验配方

试验配方见表1。

组 分	配方编号				
	A	B	C	D	E
NR	70	70	70	70	70
SBR	41.25	41.25	41.25	41.25	41.25
炭黑N234	45	44	43	42	41
白炭黑LK975GR	20	20	20	20	20
芳纶短纤维	0	1	2	3	4
其他	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2

1.3 主要设备和仪器

BB-L1600IM型1.8 L密炼机,日本神户制钢公司产品;XM370和XM270型剪切型密炼机,大连橡胶塑料机械有限公司产品;XLB-D500×500×2型平板硫化机,湖州东方机械有限公司产品;RPA2000橡胶加工分析仪、MV型门尼粘度仪和MDR型硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;5965型拉力机,美国英斯特朗公司产品;GT-7012-D型DIN磨耗试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;RCC-I型橡胶动态耐切割试验机,北京万汇一方科技发展有限公司产品;Digi Test II型高低温回弹试验机,德国博锐公司产品;邵氏A型硬度计,英国华莱士公司产品;RLH-225型换气老化箱,无锡苏南试验设备有限公司产品;高速耐久试验机床,天津久荣工业技术有限公司产品。

1.4 混炼工艺

1.4.1 小配合试验

胶料分两段混炼,均在1.8 L密炼机中进行。一段混炼温度为150~160 °C,转子转速为90 r·min⁻¹,混炼工艺为:生胶→压压砣45 s→炭黑、白炭黑、芳纶短纤维、氧化锌和硬脂酸→压压砣60 s→剩余小料→压压砣40 s→提压砣→压压砣至155 °C排胶,在开炼机上下片,停放4 h。二段混炼温度为100~110 °C,转子转速为40 r·min⁻¹,混炼工艺为:一段混炼胶→压压砣20 s→硫黄和促进剂→压压砣35 s→提压砣→压压砣至105 °C排胶,在开炼机上下片。

1.4.2 大配合试验

胶料分两段混炼。一段混炼在XM370型密炼机中进行,转子转速为45 r·min⁻¹,混炼工艺为:生胶→压压砣30 s→炭黑、白炭黑、芳纶短纤维、氧化锌、硬脂酸和其他小料→压压砣40 s→提压砣→压压砣40 s→提压砣→压压砣至155 °C排胶,在开炼机上下片,停放4 h。二段混炼在XM270型密炼机中进行,混炼温度为100~110 °C,转子转速为20 r·min⁻¹,混炼工艺为:一段混炼胶→压压砣20 s→硫黄和促进剂→压压砣35 s→提压砣→压压砣至105 °C排胶,在开炼机上下片。

1.5 性能测试

胶料各项性能均按相应国家标准或企业标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

2.1.1 硫化特性

小配合试验胶料的硫化特性如表2所示。

从表2可以看出:随着芳纶短纤维用量的增大,胶料的门尼粘度和 F_L 略有减小,流动性有所提高,且 F_L 时的损耗因子($\tan\delta_{F_L}$)略有减小,说明未硫化胶在加工过程中对形变的恢复能力有所提高;门尼焦烧时间和 t_{s2} 稍有延长,加工安全性略有提高; t_{90} 稍有延长,最大硫化速率略有减小,且最大硫化速率出现的时间变化不大; F_{max} 呈减小趋势,说明在161 °C、7%应变下,1份芳纶短纤维对提高胶料转矩的影响不及1份炭黑N234,但从 F_{max} 时的损耗因子($\tan\delta_{F_L}$)呈减小趋势来看,在161 °C、7%应变

表2 小配合试验胶料的硫化特性

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
门尼粘度[ML(1+4) 100 °C]	64	62	60	59	57
门尼焦烧时间 t_5 (127 °C)/min	17.15	17.63	18.26	18.42	18.92
硫化仪数据(161 °C)					
F_L /(dN·m)	2.48	2.46	2.40	2.40	2.33
F_{max} /(dN·m)	16.88	16.81	15.89	15.71	15.35
$F_{max}-F_L$ /(dN·m)	14.40	14.35	13.49	13.31	13.02
t_{s2} /min	2.92	2.94	3.06	3.08	3.11
t_{10} /min	2.62	2.66	2.75	2.73	2.77
t_{50} /min	4.25	4.26	4.29	4.30	4.36
t_{90} /min	7.53	7.57	7.59	7.70	7.76
$\tan\delta_{F_L}$	0.651	0.641	0.623	0.615	0.601
$\tan\delta_{F_{max}}$	0.071	0.065	0.061	0.059	0.058
t_{R3} /min	31.17	30.36	29.52	29.71	28.02
t_{R5} /min	39.62	38.72	37.81	37.98	35.03
v_{max} /min ⁻¹	4.50	4.46	4.25	4.14	4.01
$t_{v_{max}}$ /min	3.75	3.72	3.78	3.87	3.74

注: t_{R3} 和 t_{R5} 分别表示硫化返原3%和5%时的时间; v_{max} 表示最大硫化速率; $t_{v_{max}}$ 表示出现最大硫化速率时的时间。

下,可粗略预测胶料的滞后损失略有减小,生热降低; t_{R3} 和 t_{R5} 呈缩短趋势,抗硫化返原性能略有下降。综上可知,芳纶短纤维对胶料硫化特性略有影响。

2.1.2 物理性能

小配合试验硫化胶的物理性能如表3所示。

从表3可以看出:添加芳纶短纤维的硫化胶硬度与未添加芳纶短纤维的硫化胶相当;随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的100%定伸应力明显增大,但增幅略有下降;300%定伸应力呈增大趋势;拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度与芳纶短纤维用量无明显相关性,但与未添加芳纶短纤维的硫化胶相比,添加芳纶短纤维的硫化胶的拉伸强度、拉断

表3 小配合试验硫化胶的物理性能

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
邵尔A型硬度/度	68	68	68	67	68
100%定伸应力/MPa	2.3	2.8	3.2	3.5	3.6
300%定伸应力/MPa	11.1	11.3	11.4	11.4	11.0
拉伸强度/MPa	22.9	22.3	22.8	22.5	22.1
拉断伸长率/%	537	521	545	526	525
拉断永久变形/%	20	20	20	20	20
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	105	100	100	98	96
回弹值/%	37.2	37.5	37.9	38.2	38.7
DIN耐磨指数	135	136	130	133	125

注:硫化条件为161 °C×15 min。

伸长率和撕裂强度均略有减小;回弹值略有增大, DIN耐磨指数与芳纶短纤维用量无明显相关性。

2.1.3 耐老化性能

小配合试验硫化胶的耐老化性能如表4所示。

表4 小配合试验硫化胶的耐老化性能

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
邵尔A硬度					
变化/度	+4	+3	+4	+5	+4
变化率/%					
100%定伸应力	+60.87	+42.86	+37.50	+25.71	+30.56
300%定伸应力	+36.94	+31.86	+28.95	+22.81	+27.27
拉伸强度	-14.41	-12.11	-13.60	-17.78	-14.48
拉断伸长率	-28.49	-24.38	-25.50	-28.71	-23.05
撕裂强度	-54.79	-53.92	-54.00	-56.41	-53.33
回弹值	+5.59	+2.15	+3.69	+3.23	+0.52
DIN耐磨指数	-30.44	-30.15	-39.23	-39.47	-36.88

注:硫化条件为161℃×15 min,老化条件为100℃×48 h。

从表4可以看出:老化后硫化胶的硬度、100%定伸应力、300%定伸应力和回弹值增大,拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度减小,耐磨性能下降;随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的硬度变化、拉伸强度变化率、拉断伸长率变化率、撕裂强度变化率、回弹值变化率和DIN磨耗指数变化率无明显变化规律;100%定伸应力变化率和300%定伸应力变化率先减小后增大。

2.1.4 动态力学性能

小配合试验硫化胶的温度扫描结果如表5所示。

从表5可以看出:在40~120℃温度范围内,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的tanδ呈减小或先减小后略有增大变化趋势;小应变(1.4%)下硫化胶的储能模量明显减小。

小配合试验硫化胶的频率扫描结果如表6所示。

从表6可以看出:在0.1~30 Hz频率范围内,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的tanδ呈先减小后略有增大变化趋势;小应变(1.4%)下硫化胶的储能模量明显减小。

小配合试验硫化胶的动态剪切生热如表7所示。

从表7可以看出,随着芳纶短纤维用量的增

表5 小配合试验硫化胶的温度扫描结果

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
tanδ					
120℃	0.096	0.088	0.087	0.085	0.087
100℃	0.108	0.100	0.102	0.096	0.102
80℃	0.124	0.120	0.119	0.114	0.114
70℃	0.134	0.128	0.126	0.122	0.120
60℃	0.142	0.137	0.135	0.131	0.132
50℃	0.151	0.146	0.143	0.140	0.137
40℃	0.174	0.166	0.166	0.160	0.165
储能模量/kPa					
120℃	1 631.2	1 537.8	1 508.5	1 482.6	1 410.4
100℃	1 775.2	1 660.7	1 616.3	1 603.2	1 505.3
80℃	1 927.0	1 821.6	1 747.9	1 712.7	1 632.0
70℃	2 030.7	1 913.2	1 845.9	1 808.0	1 726.5
60℃	2 163.1	2 043.1	1 967.6	1 932.5	1 817.5
50℃	2 299.0	2 188.4	2 106.8	2 074.4	1 961.9
40℃	2 558.8	2 471.0	2 396.4	2 338.8	2 226.7

注:硫化条件为161℃×15 min;试验条件为频率 1 Hz,应变 1.4%。

表6 小配合试验硫化胶的频率扫描结果

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
tanδ					
0.1 Hz	0.169	0.165	0.156	0.151	0.153
1 Hz	0.163	0.151	0.151	0.147	0.149
10 Hz	0.169	0.164	0.151	0.147	0.163
20 Hz	0.167	0.161	0.158	0.156	0.157
30 Hz	0.170	0.161	0.159	0.156	0.158
储能模量/kPa					
0.1 Hz	2 091.02	2 011.01	1 944.91	1 909.35	1 825.20
1 Hz	2 323.34	2 219.36	2 164.85	2 114.21	2 027.63
10 Hz	2 598.24	2 504.65	2 401.14	2 380.94	2 287.78
20 Hz	2 670.58	2 554.61	2 475.77	2 425.63	2 337.61
30 Hz	2 737.56	2 615.46	2 546.95	2 481.51	2 396.93

注:硫化条件为161℃×15 min;试验条件为温度 60℃,应变 1.4%。

表7 小配合试验硫化胶的动态剪切生热 °C

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
最小生热	40.9	40.7	40.8	40.8	40.8
最大生热	56.6	53.0	52.4	51.5	51.7
温升	15.7	12.3	11.6	10.7	10.9

注:硫化条件为161℃×15 min;试验条件为应变 39%,频率 12 Hz,时间 10 min。

大,硫化胶的温升先降低后略有升高。

小配合试验硫化胶的耐动态老化性能如表8

表8 小配合试验硫化胶的 $\Delta \tan \delta$

频率/Hz	配方编号				
	A	B	C	D	E
0.1	0.037	0.041	0.025	0.027	0.028
1	0.044	0.039	0.036	0.035	0.041
10	0.050	0.049	0.013	0.045	0.037
20	0.044	0.047	0.043	0.036	0.039
30	0.040	0.043	0.040	0.037	0.038

注:硫化条件为 $161\text{ }^{\circ}\text{C} \times 15\text{ min}$;老化前试验条件为温度 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,应变 1.4% ;老化条件为温度 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,频率 12 Hz ,应变 35% ; $\Delta \tan \delta$ 为老化前后 $\tan \delta$ 差值。

所示。

从表8可以看出,芳纶短纤维用量与胶料的耐动态老化性能无明显相关性。

小配合试验硫化胶的动态切割损失体积如表9所示。

表9 小配合试验硫化胶的动态切割损失体积

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
切割损失体积/ cm^3	0.570	0.552	0.532	0.522	0.529
抗切割性能提升率/%	3.2	6.7	8.4	7.2	

注:试验条件为转轮转速 $720\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,切割次数 $60\text{ 次} \cdot \text{min}^{-1}$,测试时间 5 min 。

由表9可见,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的抗动态切割性能先提高后降低,当芳纶短纤维用量为3份时,硫化胶的抗动态切割性能最佳。

2.2 大配合试验

2.2.1 硫化特性

大配合试验胶料的硫化特性如表10所示。

从表10可以看出:随着芳纶短纤维用量的增大,胶料的门尼粘度、 F_L 和 F_{\max} 略有减小; t_{s2} , t_{10} , t_{50} 和 t_{90} 略有延长; t_{R3} 和 t_{R5} 缩短; $\tan \delta_{F_{\max}}$ 明显减小,这说明胶料在形变小于7%的定形变下,生热随芳纶短纤维用量增大而减小。

总体来看,相较于小配合试验胶料,大配合试验胶料的各项数据均略有增大,这主要是因为大配合试验混炼阶段的密炼设备和工艺对橡胶大分子链的剪切程度以及填料和配合剂的分散程度的作用较小配合试验稍弱;大配合试验胶料的各项性能整体变化趋势均与小配合试验胶料一致。

2.2.2 物理性能

大配合试验硫化胶的物理性能如表11所示。

从表11可以看出,随着芳纶短纤维用量的增

表10 大配合试验胶料的硫化特性

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
门尼粘度[ML(1+4) 100 $^{\circ}\text{C}$]	66	64	63	61	60
门尼焦烧时间 t_5 (127 $^{\circ}\text{C}$)/min	19.75	19.86	20.26	20.42	20.72
硫化仪数据(161 $^{\circ}\text{C}$)					
F_L /(dN \cdot m)	2.55	2.51	2.48	2.47	2.39
F_{\max} /(dN \cdot m)	17.75	17.68	17.57	17.42	17.25
$F_{\max} - F_L$ /(dN \cdot m)	15.20	15.17	15.09	14.95	14.86
t_{s2} /min	3.02	3.13	3.13	3.18	3.20
t_{10} /min	2.76	2.81	2.85	2.84	2.92
t_{50} /min	4.63	4.69	4.71	4.74	4.80
t_{90} /min	7.82	7.88	7.91	7.96	8.08
$\tan \delta_{F_L}$	0.672	0.666	0.651	0.643	0.636
$\tan \delta_{F_{\max}}$	0.075	0.072	0.070	0.069	0.066
t_{R3} /min	33.27	33.18	33.12	32.92	32.02
t_{R5} /min	39.96	39.72	39.78	38.83	37.63
γ_{\max} /min $^{-1}$	4.62	4.57	4.50	4.32	4.22
$t_{v_{90}}$ /min	3.95	3.91	3.88	3.87	3.81

注:同表2。

表11 大配合试验硫化胶的物理性能

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
邵尔A型硬度/度	71	71	70	69	69
100%定伸应力/MPa	2.8	2.8	2.7	2.7	3.1
300%定伸应力/MPa	10.9	10.8	10.7	11.4	11.7
拉伸强度/MPa	21.1	21.5	20.9	21.5	22.2
拉断伸长率/%	548	542	558	546	527
拉断永久变形/%	22	20	20	20	18
撕裂强度/(kN \cdot m $^{-1}$)	106	109	110	115	110
回弹值/%	35.7	36.2	36.6	37.2	37.7
DIN耐磨指数	127	121	123	119	120

注:同表3。

大,硫化胶的硬度略有减小;100%定伸应力、300%定伸应力、拉伸强度、拉断伸长率、DIN耐磨指数的变化与芳纶短纤维用量无明显相关性;回弹值略有增大;撕裂强度先增大后减小(当芳纶短纤维用量为3份时最大),这表明添加3份芳纶短纤维的硫化胶抗损坏和抗撕裂性能最佳。

2.2.3 耐老化性能

大配合试验硫化胶的耐老化性能如表12所示。

从表12可以看出:老化后硫化胶的硬度、100%定伸应力、300%定伸应力和回弹值增大,拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度减小,耐磨性能下降;随着芳纶短纤维用量增大,硫化胶的硬度变

表12 大配合试验硫化胶的耐老化性能

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
邵尔A硬度					
变化/度	+6	+5	+6	+6	+7
变化率/%					
100%定伸应力	+53.82	+46.71	+54.93	+44.04	+31.61
300%定伸应力	+33.67	+35.04	+33.62	+30.39	+28.03
拉伸强度	-15.88	-12.60	-13.60	-12.23	-14.48
拉伸伸长率	-26.22	-26.82	-25.50	-23.46	-20.16
撕裂强度	-59.55	-55.06	-50.75	-47.57	-45.83
回弹值	+2.72	+2.13	+3.42	+3.39	+1.51
DIN耐磨指数	-31.06	-28.79	-28.54	-30.53	-25.18

注:同表4。

化、拉伸强度变化率、拉伸伸长率变化率、回弹值变化率和DIN耐磨指数变化率无明显变化规律;撕裂强度变化率减小。

与小配合试验硫化胶相比,大配合试验硫化胶老化前后的各项物理性能变化趋势相似,均无明显规律,这主要是因为混炼工艺和设备对胶料物理性能的影响因素较复杂。总体而言,当芳纶短纤维用量不超过3份时,大配合试验硫化胶老化前后的撕裂强度随芳纶短纤维用量增大而增大,这说明胶料的抗损坏和抗撕裂性能提高。

2.2.4 动态力学性能

大配合试验硫化胶的温度扫描结果如表13所示。

从表13可以看出:在40~120℃温度范围内,

表13 大配合试验硫化胶的温度扫描结果

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
$\tan\delta$					
120℃	0.101	0.091	0.091	0.089	0.091
100℃	0.112	0.107	0.107	0.101	0.107
80℃	0.129	0.126	0.125	0.121	0.122
70℃	0.144	0.133	0.131	0.128	0.129
60℃	0.149	0.144	0.142	0.138	0.139
50℃	0.158	0.153	0.152	0.143	0.144
40℃	0.182	0.174	0.173	0.169	0.173
储能模量/kPa					
120℃	1 680.1	1 583.9	1 553.8	1 527.1	1 442.7
100℃	1 818.4	1 710.5	1 654.8	1 651.3	1 550.5
80℃	1 974.8	1 876.2	1 810.3	1 764.1	1 671.0
70℃	2 081.6	1 960.6	1 901.3	1 852.2	1 778.3
60℃	2 218.0	2 104.4	2 026.6	1 990.5	1 872.0
50℃	2 358.0	2 244.1	2 160.0	2 126.6	2 010.8
40℃	2 625.6	2 545.1	2 458.3	2 409.0	2 293.5

注:同表5。

随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的 $\tan\delta$ 先减小后增大,当芳纶短纤维用量为4份时, $\tan\delta$ 有所增大;小应变(1.4%)下硫化胶的储能模量减小。

大配合试验硫化胶的频率扫描结果如表14所示。

表14 大配合试验硫化胶的频率扫描结果

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
$\tan\delta$					
0.1 Hz	0.177	0.173	0.164	0.159	0.161
1 Hz	0.174	0.159	0.159	0.154	0.156
10 Hz	0.177	0.172	0.159	0.154	0.171
20 Hz	0.171	0.169	0.166	0.164	0.165
30 Hz	0.179	0.169	0.167	0.164	0.169
储能模量/kPa					
0.1 Hz	2 258.32	2 171.89	2 100.50	2 062.10	1 971.22
1 Hz	2 509.21	2 396.91	2 338.04	2 283.35	2 189.84
10 Hz	2 806.10	2 705.02	2 593.23	2 571.42	2 470.80
20 Hz	2 884.23	2 758.98	2 673.83	2 619.68	2 524.62
30 Hz	2 956.57	2 824.70	2 750.71	2 680.03	2 588.68

注:同表6。

从表14可以看出:在0.1~30 Hz频率范围内,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的 $\tan\delta$ 先减小后增大,当芳纶短纤维用量为4份时, $\tan\delta$ 有所增大;小应变(1.4%)下硫化胶的储能模量减小。

大配合试验硫化胶的动态剪切生热见表15。

从表15可以看出,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的温升先降低后升高(当芳纶短纤维用量为3份时最小)。

与小配合试验硫化胶相比,大配合试验硫化胶的储能模量和 $\tan\delta$ 较大,且在大形变下的动态剪切温升较高,这可能是因为大配合试验胶料中填料的分散程度弱于小配合试验胶料,即Payne效应强于小配合试验胶料;随着芳纶短纤维用量的增大,大配合试验硫化胶的动态剪切性能变化趋势与小配合试验硫化胶基本一致。

表15 大配合试验硫化胶的动态剪切生热 ℃

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
最小生热	42.5	42.2	42.1	41.8	42.0
最大生热	59.2	57.0	55.7	54.7	55.1
温升	16.7	14.8	13.6	12.9	13.1

注:同表7。

大配合试验硫化胶的动态切割损失体积如表16所示。

表16 大配合试验硫化胶的动态切割损失体积

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
切割损失体积/cm ³	0.582	0.569	0.553	0.532	0.537
抗切割性能提升率/%		2.2	5.0	8.6	7.7

注:同表9。

从表16可以看出,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的抗动态切割性能明显提高,且当芳纶短纤维用量为3份时达到最佳,这与小配合试验硫化胶的测试结果一致。

2.3 成品轮胎耐久性能

采用大配合试验胶料试制33×12.50R20泥地轮胎,并分别进行4组室内耐久性测试,结果如表17所示。

从表17可以看出,随着芳纶短纤维用量的增大,成品轮胎的耐久性能明显提高,这与硫化胶的动态生热性能变化趋势基本一致,这可能是由

表17 成品轮胎的耐久性能

项 目	配方编号				
	A	B	C	D	E
累计行驶时间/h	84.53	87.58	89.85	92.73	92.40
试验结束时轮胎状况	胎面崩花 胎面脱层	胎面崩花	胎圈裂口	胎肩掉块	胎圈裂口 胎肩掉块
耐久性能提升率/%		3.6	6.3	9.7	9.3

于硫化胶的动态生热随芳纶短纤维用量增大而降低,因此成品轮胎在耐久性测试过程中胎冠部位的温升降低,耐久性能提高。

3 结论

与未添加芳纶短纤维的胶料相比,添加芳纶短纤维的胶料焦烧时间和正硫化时间略有延长,硫化返原时间呈缩短趋势;硫化胶的抗切割和抗刺扎性能明显提高,tanδ减小,剪切温升明显降低,当芳纶短纤维用量为3份时性能最佳;成品轮胎的耐久性能随着芳纶短纤维用量增大而提高,且与胶料的动态生热性能变化趋势具有密切相关性。

致谢:本工作得到青岛双星轮胎工业有限公司检测中心的大力协助,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 黄文. 露天矿用自卸卡车轮胎损伤原因分析及预防措施[J]. 采矿技术, 2018(3): 60-62.
- [2] 周梦雨, 李凡珠, 杨海波, 等. 基于非线性黏弹性本构模型的轮胎滚动和生热[J]. 高分子材料科学与工程, 2020(3): 73-78.
- [3] 边慧光, 李海涛, 刘洁, 等. 芳纶短纤维补强天然橡胶复合材料性能研究[J]. 橡胶工业, 2018, 65(8): 901-905.
- [4] 徐恩松, 杨隼, 范志玮, 等. 改性芳纶短纤维和聚丙烯酸钠对丁腈橡胶吸水膨胀橡胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2019, 66(2): 111-115.
- [5] 李波, 吴宇, 燕鹏华, 等. 短纤维/白炭黑增强溶聚丁苯橡胶复合材料的结构与性能[J]. 橡胶科技, 2018, 16(2): 10-16.
- [6] 王劫. 芳纶纤维在轮胎骨架材料中的应用[J]. 轮胎工业, 2020, 40(3): 139-141.

收稿日期: 2020-07-16

Application of Short Aramid Fiber in Tread Compound of Mud Tire

ZHANG Yong, DONG Kang, XU Wei, MA Jie, LIU Wenguo

(Qingdao Doublestar Tire Industry Co., Ltd, Qingdao 266400, China)

Abstract: The application of short aramid fiber in the tread compound of mud tire was investigated. The results showed that, compared with the compound without short aramid fiber, the scorch time and optimum curing time of the compound with short aramid fiber were slightly longer, and the reversion time was shortened. The cutting resistance and puncture resistance of the vulcanizate with short aramid fiber were significantly improved, the loss factor was reduced, and the shear temperature rise was significantly reduced. When the amount of short aramid fiber was 3 phrs, the overall property of the vulcanizate was the best. The durability of the finished tire increased with the amount of short aramid fiber increased.

Key words: mud tire; tread compound; short aramid fiber; cutting resistance; puncture resistance; durability