

芳纶短纤维在轿车子午线轮胎胎面胶中的应用

翟文举,李小光,张倩茜
(风神轮胎股份有限公司,河南 焦作 454003)

摘要:研究芳纶短纤维在轿车子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明:在轿车子午线轮胎胎面胶中直接加入芳纶短纤维,胶料性能较差,且芳纶短纤维用量越大的胶料性能越差;添加分散剂TNB88并采用恒温密炼工艺后,添加芳纶短纤维的胶料门尼粘度和门尼焦烧时间变化不大,硫化速度加快,强伸性能、耐磨性能、压缩疲劳性能、抗切割性能、炭黑分散性能和动态力学性能均较好,其中添加2份芳纶短纤维的胶料比添加4份芳纶短纤维的胶料综合性能更好。

关键词:芳纶短纤维;轿车子午线轮胎;胎面胶;分散剂;抗切割性能;炭黑分散性能

中图分类号:U463.341⁺4;TQ330.38⁺9 文献标志码:A 文章编号:2095-5448(2017)03-22-06

芳纶纤维具有超高的强力和超低的抗变形性能,且耐高温性能、耐化学腐蚀性能和抗切割性能优异^[1-2]。将芳纶纤维切割成尺寸较小的短纤维加入胶料中,通过优化配方和混炼工艺,可以提高胶料的强度、耐磨性能和抗切割性能,并降低滞后损失。

目前我国芳纶短纤维在全钢子午线轮胎和工程机械轮胎胎面胶中应用较多,而在轿车子午线轮胎胎面胶中应用较少,而国外芳纶短纤维在半钢子午线轮胎中的应用已相当成熟^[3]。本工作将芳纶短纤维添加到轿车子午线轮胎胎面胶中,探索其应用前景。

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,韩国锦湖化学公司产品;炭黑N220,上海卡博特化工有限公司产品;浸胶芳纶短纤维(长度为1 mm),帝人科威隆有限公司产品;分散剂TNB88,美国TNB公司产品。

1.2 配方

调整前的配方见表1,调整后的配方见表2。

1.3 主要设备与仪器

本伯里BR1600型密炼机,英国法雷尔公司产品;Φ160 mm×320 mm开炼机,广东湛江机械厂

作者简介:翟文举(1984—),男,河南焦作人,风神轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事半钢子午线轮胎配方研究工作。

表1 调整前配方 份

组 分	配方A	配方B	配方C
NR	30	30	30
SBR	70	70	70
炭黑N220	55	55	55
芳纶短纤维	0	2	4
物理防老剂	1	1	1
化学防老剂	4	4	4
其他	8	8	8

表2 调整后配方 份

组 分	配方D	配方E	配方F
NR	30	30	30
SBR	70	70	70
炭黑N220	55	55	55
分散剂TNB88	0	5	5
芳纶短纤维	0	2	4
物理防老剂	1	1	1
化学防老剂	4	4	4
其他	8	8	8

产品;140 t平板硫化机,上海橡胶机械一厂产品;MDR2000型无转子流变仪、MV2000型门尼粘度仪、RPA2000橡胶加工分析仪和Aview型炭黑分散度仪,美国阿尔法科技有限公司产品;401B型老化试验箱和WML-76型阿克隆磨耗试验机,江都市新真威试验机械有限责任公司产品;THT-30型回弹仪,长春图尤克试验仪器有限公司产品;TST-EC572型橡胶压缩生热仪,东莞市特斯特检测仪器有限公司产品;LDH-1200型落锤式橡胶部件抗冲击试验机,承德金和仪器制造有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 配方调整前

胶料混炼分两段进行。一段混炼在密炼机中进行。密炼室初始温度为40℃,转子转速为80 r·min⁻¹。混炼工艺为:生胶→压压砣^{60 s}→小料→炭黑→压压砣^{60 s}→提压砣^{5 s}→压压砣^{90 s}→提压砣^{5 s}→压压砣^{60 s}→排胶(温度为120℃)。

二段混炼在开炼机上进行。混炼工艺为:一段混炼胶→分3次加入硫黄和促进剂→打卷2次→打三角包1次→打卷2次→下片。

1.4.2 配方调整后

胶料混炼分2段进行。一段混炼在密炼机中进行。密炼室初始温度为40℃,转子转速为80 r·min⁻¹。混炼工艺为:生胶→压压砣^{60 s}→小料→炭黑→浮压砣^{30 s}→提压砣^{5 s}→压压砣^{60 s}→提压砣^{60 s}→压压砣^{60 s}→在125℃下混炼120 s→排胶(温度为120℃)。

二段混炼在开炼机上进行。混炼工艺为:一段混炼胶→分3次加入硫黄和促进剂→打卷3次→打三角包2次→打卷3次→下片。

1.5 性能测试

胶料性能测试均按照相应国家标准进行。

2 结果与讨论

2.1 配方调整前

2.1.1 混炼胶性能

混炼胶性能见表3。从表3可以看出:随着芳

表3 混炼胶性能

项 目	配方A	配方B	配方C
门尼粘度[ML(1+4)125℃]	52	50	53
门尼焦烧时间 t_5 (120℃)/min	24.39	24.56	24.31
硫化仪数据(160℃)			
$F_L/(N\cdot m)$	0.42	0.41	0.43
$F_{max}/(N\cdot m)$	2.13	2.19	2.40
$F_{max}-F_L/(N\cdot m)$	1.71	1.78	1.97
t_{30}/min	3.90	3.94	3.94
t_{90}/min	8.40	8.03	7.76
$t_{90}-t_{30}/min$	4.50	4.09	3.82

纶短纤维用量增大,胶料的门尼粘度和门尼焦烧时间变化不明显, F_{max} 和 $F_{max}-F_L$ 增大,这可能是由于芳纶短纤维的浸胶层与橡胶共硫化形成了交联网络结构,交联密度增大;胶料的 $t_{90}-t_{30}$ 缩短,硫化速度加快。

2.1.2 硫化胶性能

2.1.2.1 物理性能

硫化胶物理性能见表4。从表4可以看出:随着芳纶短纤维用量增大,胶料的硬度和拉断永久变形增大,拉伸强度和拉断伸长率降低,300%定伸应力和撕裂强度先降低再提高;热空气老化后,胶料的拉伸强度和拉断伸长率均有不同程度下降,撕裂强度提高,其中添加2份芳纶短纤维的配方B胶料拉伸强度和拉断伸长率降幅最大,而撕裂强度增幅较小;加入芳纶短纤维后,胶料的耐磨性能降低,这可能是由于胶料分散性能变差,导致芳纶短纤维在胶料内部局部聚集所致;随着芳纶短纤维用量增大,胶料的压缩疲劳温升提高,压缩永久变

表4 硫化胶物理性能

项 目	配方A		配方B		配方C	
硫化时间(160℃)/min	20	40	20	40	20	40
邵尔A型硬度/度	63	61	69	68	74	74
300%定伸应力/MPa	11.1	10.7	10.5	10.3	12.2	12.1
拉伸强度/MPa	21.4	20.3	20.0	19.3	19.4	18.6
拉断伸长率/%	518	513	495	504	471	453
拉断永久变形/%	14	14	19	18	26	20
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	53	68	49	52	68	81
回弹值/%	24	24	25	24	22	22
阿克隆磨耗量/cm ³	0.16		0.21		0.20	
压缩疲劳性能 ¹⁾						
温升/℃	39.2		42.1		44.2	
永久变形/%	4.7		5.0		5.6	
100℃×24 h热空气老化后						
拉伸强度/MPa	20.6		18.3		19.1	
拉断伸长率/%	498		389		435	
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	87		63		83	
阿克隆磨耗量/cm ³	0.17		0.22		0.22	

注:1) 试验冲程为4.45 mm,负荷为1.1 MPa,温度为55℃。

形减小,这可能是由于芳纶短纤维使胶料内摩擦力增大的缘故。

2.1.2.2 抗切割性能

硫化胶切割试验结果见表5,切割试验后试样外观见图1。从表5和图1可以看出,随着芳纶短纤维用量增大,胶料的切割损失率提高,抗切割性能

明显下降。

2.1.2.3 分散性能

硫化胶炭黑分散 X 值见表6,硫化胶表面见图2。从表6可以看出,随着芳纶短纤维用量增大,胶料的炭黑分散 X 值明显减小,说明填料在胶料中的分散性能变差。

表5 硫化胶切割试验结果

项 目	配方A		配方B		配方C	
硫化时间(160 ℃)/min	20	40	20	40	20	40
切割前质量/g	25.308 8	25.328 9	24.770 4	24.722 7	25.712 6	25.628 0
切割后质量/g	24.337 9	24.299 2	23.188 4	23.404 2	23.395 7	23.147 4
切割损失率/%	3.836 2	4.065 3	6.386 7	5.333 2	9.010 8	9.679 3



(a) 配方A



(b) 配方B



(c) 配方C

硫化时间(160 ℃):左试样—20 min;右试样—40 min。

图1 切割试验后试样外观

表6 硫化胶炭黑分散 X 值

硫化时间(160 ℃)/min	配方A	配方B	配方C
20	6.5	1.9	1.3
40	6.2	2.3	1.3

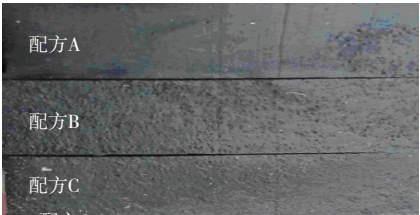


图2 硫化胶表面

从图2可以看出,加入芳纶短纤维以后,硫化胶表面粗糙,同样表明填料在胶料中的分散性能差。

硫化胶在不同应变下的储能模量(G')见表7(频率为10 Hz)。从表7可以看出,在60 ℃和100 ℃下,胶料的 $\Delta G'$ 均随着芳纶短纤维用量的增大呈上升趋势,说明随着芳纶短纤维用量增大,填料分散性能降低。

表7 硫化胶在不同应变下的 G' MPa

应变/%	配方A		配方B		配方C	
	60 ℃	100 ℃	60 ℃	100 ℃	60 ℃	100 ℃
0.98	1 211.90	712.75	1 258.60	730.70	1 314.10	765.05
1.95	925.34	488.60	864.08	494.05	975.03	506.98
5.02	637.58	328.89	603.42	331.38	658.81	333.42
10.04	490.48	253.99	467.94	252.88	499.60	252.37
19.95	377.02	195.80	361.05	193.53	377.21	190.54
49.94	243.38	128.26	231.81	125.25	236.51	121.61
100.02	144.48	79.86	136.96	77.50	137.79	75.86

2.1.2.4 动态力学性能

硫化胶在不同应变下的损耗因子($\tan\delta$)见表8(频率为10 Hz,温度为60 ℃)。从表8可以看出,随着芳纶短纤维用量增大,在相同应变下,胶料的 $\tan\delta$ 增大,滞后损失提高,动态力学性能较差。这是由于芳纶短纤维使胶料分散性变差,从而使胶料内摩擦增大,这与胶料的压缩疲劳温升和压缩永久变形增大相对应。

表8 硫化胶在不同应变下的 $\tan\delta$

应变/%	配方A	配方B	配方C
0.98	0.437	0.456	0.456
1.95	0.481	0.493	0.502
5.02	0.500	0.507	0.519
10.04	0.489	0.498	0.515
19.95	0.496	0.507	0.535
49.94	0.581	0.601	0.642
100.02	0.761	0.795	0.854

2.2 配方调整后

从以上分析可以看出,芳纶短纤维使填料在胶料中难以分散均匀,加工性能下降,从而影响胶料的物理性能。为此对配方进行调整,添加分散剂TNB88(见表2),并采用恒温密炼工艺。

2.2.1 混炼胶性能

配方调整后的混炼胶性能见表9。从表9可以看出,与配方调整前胶料类似,随着芳纶短纤维用量增大,胶料的门尼粘度和门尼焦烧时间变

表9 配方调整后混炼胶性能

项 目	配方D	配方E	配方F
门尼粘度[ML(1+4) 125 ℃]	52	50	52
门尼焦烧时间 t_5 (120 ℃)/min	23.59	23.56	24.01
硫化仪数据(160 ℃)			
$F_L/(N \cdot m)$	0.41	0.41	0.42
$F_{max}/(N \cdot m)$	2.14	2.24	2.47
$F_{max}-F_L/(N \cdot m)$	1.73	1.83	2.05
t_{30}/min	3.88	3.96	3.98
t_{90}/min	8.52	8.07	7.86
$t_{90}-t_{30}/min$	4.64	4.11	3.88

化不大, F_{max} 和 $F_{max}-F_L$ 增大, $t_{90}-t_{30}$ 缩短,硫化速度加快。

2.2.2 硫化胶性能

2.2.2.1 物理性能

配方调整后的硫化胶物理性能见表10。从表10可以看出:添加芳纶短纤维的胶料硬度和拉伸永久变形增大,拉伸强度、撕裂强度和耐磨性能明显提高,回弹值变化不大,压缩疲劳温升降低,压缩永久变形减小,耐热老化性能与配方调整前胶料变化趋势基本相当;添加2份芳纶短纤维的配方E与添加4份芳纶短纤维的配方F胶料物理性能差异不大,这可能是由于分散剂改善了填料和芳纶短纤维在胶料中的分散性能。

2.2.2.2 抗切割性能

配方调整后的硫化胶切割试验结果见表11,切割试验后试样外观见图3。从表11和图3可以看

表10 配方调整后硫化胶物理性能

项 目	配方D		配方E		配方F	
硫化时间(160℃)/min	20	40	20	40	20	40
邵尔A型硬度/度	63	62	66	67	68	68
300%定伸应力/MPa	11.1	10.8	12.5	12.3	12.2	12.1
拉伸强度/MPa	20.4	20.2	22.0	21.8	22.1	21.9
拉伸伸长率/%	508	512	485	498	471	463
拉伸永久变形/%	14	13	17	18	22	20
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	54	53	60	62	68	70
回弹值/%	23	24	24	24	22	23
阿克隆磨耗量/cm ³	0.17		0.14		0.14	
压缩疲劳性能 ¹⁾						
温升/℃	39.4		37.6		37.5	
永久变形/%	4.9		4.3		4.4	
100℃×24 h热空气老化后						
拉伸强度/MPa	18.7		19.4		19.6	
拉伸伸长率/%	467		401		415	
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	86		77		83	
阿克隆磨耗量/cm ³	0.18		0.15		0.15	

注同表4。

表11 配方调整后硫化胶切割试验结果

项 目	配方D		配方E		配方F	
硫化时间(160 ℃)/min	20	40	20	40	20	40
切割前质量/g	25.312 2	25.308 9	25.070 4	24.923 7	25.512 4	25.438 2
切割后质量/g	24.321 9	24.381 2	24.496 8	24.404 2	24.589 8	24.556 3
切割损失率/%	3.912 3	3.665 5	2.287 9	2.084 4	3.616 3	3.466 8



(a) 配方D



(b) 配方E



(c) 配方F

注同图1。

图3 配方调整后切割试验后试样外观

出:与未添加芳纶短纤维的配方D胶料相比,添加芳纶短纤维的配方E和F胶料切割损失率降低,抗切割性能提高;配方E胶料的抗切割性优于配方F胶料。

2.2.2.3 分散性能

配方调整后炭黑分散 X 值见表12,硫化胶表面见图4。从表12和图4可以看出,与未添加芳纶短纤维的配方D胶料相比,添加芳纶短纤维的配方E和F胶料分散性能提高,这与其物理性能提高相对应。

表12 配方调整后硫化胶的炭黑分散 X 值

硫化时间(160 ℃)/min	配方D	配方E	配方F
20	6.2	8.0	7.5
40	6.2	8.4	7.6



图4 配方调整后硫化胶表面

配方调整后硫化胶在不同应变下的 G' 见表13(频率为10 Hz)。从表13可以看出,无论是60 ℃还是100 ℃下胶料的 $\Delta G'$ 均随芳纶短纤维用量增大呈下降趋势,说明胶料的分散性能提高。

表13 配方调整后硫化胶在不同应变下的 G' MPa

应变/%	配方D		配方E		配方F	
	60 ℃	100 ℃	60 ℃	100 ℃	60 ℃	100 ℃
0.98	1 254.6	720.78	1 126.3	695.4	1 114.1	690.6
1.95	935.44	488.60	864.08	494.05	878.03	506.98
5.02	645.68	328.89	609.44	331.38	610.82	333.42
10.04	570.28	253.99	507.74	252.88	499.6	252.37
19.95	417.32	195.8	361.25	193.53	367.26	190.54
49.94	289.39	128.26	235.86	125.25	236.47	121.61
100.02	154.44	79.863	147.99	77.502	148.79	75.855

2.2.2.4 动态力学性能

硫化胶在不同应变下的 $\tan\delta$ 见表14(频率为10 Hz,温度为60 ℃)。从表14可以看出,在相同应变下,与未添加芳纶短纤维的配方D胶料相比,添加芳纶短纤维的配方E和F胶料的 $\tan\delta$ 减小,滞后损失降低,动态力学性能较好,其中配方E胶料动态力学性能最好。

表14 配方调整后硫化胶在不同应变下的tanδ

应变/%	配方D	配方E	配方F
0.98	0.445	0.416	0.429
1.95	0.489	0.453	0.476
5.02	0.512	0.498	0.488
10.04	0.523	0.489	0.500
19.95	0.534	0.507	0.515
49.94	0.584	0.571	0.573
100.02	0.751	0.694	0.704

3 结论

(1)在轿车子午线轮胎胎面胶中直接加入芳纶短纤维,胶料的门尼粘度与门尼焦烧时间变化不明显,硫化速度加快;胶料的强伸性能、耐磨性能、压缩疲劳性能、抗切割性能、炭黑分散性能和动态力学性能均较差;随着芳纶短纤维用量增大,胶料性能越差。这可能是由于芳纶短纤维在胶料中的分散性能较差所致。

(2)为充分发挥芳纶短纤维的特点,对胶料配方进行了调整(添加分散剂TNB88),并采用恒温密炼工艺。配方调整后,添加芳纶短纤维胶料的门尼粘度和门尼焦烧时间变化不大,硫化速度加快;胶料的强伸性能、耐磨性能、压缩疲劳性能、抗切割性能、炭黑分散性能和动态力学性能均较好,其中添加2份芳纶短纤维的胶料综合性能比添加4份芳纶短纤维的胶料更好。

参考文献:

[1] 姜杰,张燕,黄义钢,等. 芳纶短纤维在全钢子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业,2008,28(7):488-490.
[2] 徐世传,孙徐伟,余锋,等. 芳纶短纤维在轮胎性能改进中的应用[J]. 橡胶科技,2013,24(5):13-17.
[3] 石超,徐静,王玉海,等. 芳纶短纤维在全钢载重子午线轮胎填充胶中的应用[J]. 轮胎工业,2013,33(8):416-419.

收稿日期:2016-09-26

Application of Aramid Short Fiber in Tread Compound of Passenger Car Radial Tire

ZHAI Wenju,LI Xiaoguang,ZHANG Qianxi
(Aeolus Tire Co.,Ltd,Jiaozuo 454003,China)

Abstract: The application of aramid short fiber in the tread compound of passenger car radial tire was studied. The results showed that with the direct addition of aramid fiber into the tread compound, the properties of the compound were poor, and the properties became worse with increased fiber content. With the addition of dispersing aid TNB88 and constant temperature mixing process, the Mooney viscosity and Mooney scorch time of the compound with aramid fiber changed little, the curing speed increased, and the tensile properties, wear resistance, compression fatigue property, cutting resistance, carbon black dispersion and dynamic mechanical properties of the compound were good. It was found that the properties of the compound with 2 phr of aramid fiber were better than those of the compound with 4 phr of aramid fiber.

Key words: aramid short fiber; passenger car radial tire; tread compound; dispersing aid; cutting resistance; carbon black dispersion

金能科技公司新增20万t高性能炭黑年产能

中图分类号:TQ330.38⁺1 文献标志码:D

为了进一步延伸煤化工产业链、大力发展循环经济、提升企业竞争力,金能科技股份有限公司正在实施第5期扩建工程。该工程总投资约为25

亿元,包括年产20万t高性能炭黑、年产150万t干熄焦、年产50万t芳烃、年产20万t焦炉煤气制甲醇(联产10 t合成氨)4个子项目,预计于2018年完成。届时公司炭黑和白炭黑总年产能将达到40万t。

(国 益)