

原材料·配方

芳纶短纤维对天然橡胶胶料性能的影响

邱健, 蒋超杰, 严刚, 李文超, 葛孚宇, 高浩, 李利*

(青岛科技大学机电工程学院, 山东青岛 266061)

摘要:基于轮胎胎面胶配方, 研究芳纶短纤维用量和长度对天然橡胶(NR)胶料性能的影响。结果表明:当芳纶短纤维长度为3 mm时, 芳纶短纤维用量为2份的胶料的Payne效应最弱, 硫化胶的拉伸强度最大, 定伸应力和撕裂强度较大, 耐磨性能和抗湿滑性能最好;当芳纶短纤维用量为2份时, 芳纶短纤维长度为2 mm的胶料的Payne效应最弱, 硫化胶的定伸应力和拉伸强度最大, 芳纶短纤维长度为3 mm的硫化胶的定伸应力和拉伸强度较大, 撕裂强度最大, 综合性能最好。

关键词:芳纶短纤维; 天然橡胶; 物理性能; 动态力学性能

中图分类号: TQ330.38⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2024)02-0108-07

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2024.02.0108



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

短纤维分为很多种类, 在轮胎中的应用种类最多, 不同种类的短纤维在轮胎胎面胶中的应用在各大轮胎企业得到了广泛的研究, 结果表明加入短纤维可以显著提升胎面胶的性能。芳纶短纤维具有高强度、抗拉伸、耐高温、优异的抗切割和耐化学腐蚀性能, 现阶段芳纶短纤维应用的主要研究方向是将芳纶短纤维加入到轮胎胎面胶中以提高胎面胶的拉伸性能和耐磨性能, 降低滚动阻力。A. L. WALKER等^[1]在工程机械轮胎胎面胶中加入质量分数为2.5%的纤维素短纤维, 胎面胶的耐磨性能提高, 与未添加纤维素短纤维的胎面胶的轮胎相比, 添加纤维素短纤维的胎面胶的轮胎的使用寿命延长80%。R. DATTA等^[2]在载重轮胎胎面胶中加入了芳纶短纤维, 胎面胶的抗切割性能和抗撕裂性能增强, 生热降低, 动态力学性能提高。黄振华等^[3]将改性短纤维FB-200应用于巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中, 发现当FB-200质量分数为4%时胎面胶的综合性能最优, 轮胎

的生热最低。

本工作基于轮胎胎面胶配方, 研究芳纶短纤维长度和用量对天然橡胶(NR)胶料性能的影响。

1 实验

1.1 原材料

NR, 牌号RSS3, 泰国产品; 芳纶短纤维, 纤度为900dtex, 惠平碳纤维有限公司产品; 炭黑N234, 美国卡博特公司产品; 氧化锌、硬脂酸、防老剂4020、微晶蜡、防焦剂CTP、硫黄和促进剂TBBS, 工业级, 市售品。

1.2 配方

试验配方(用量/份)为: NR 100, 炭黑N234 50, 氧化锌 3, 硬脂酸 1, 防老剂4020 3, 微晶蜡 1, 防焦剂CTP 0.3, 硫黄 1.2, 促进剂TBBS 1.6, 芳纶短纤维 变量。

1.3 主要设备和仪器

SK-168型开炼机, 上海双翼橡塑机械有限公

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51345006); 山东省重点研发计划项目(2019GGX102018); 青岛科技计划项目(2019KJB007); 山东省自然科学基金资助项目(ZR2016XJ003)

作者简介:邱健(1997—), 男, 山东潍坊人, 青岛科技大学在读硕士研究生, 主要从事高分子材料加工技术方面的研究。

*通信联系人(lindabob@126.com)

引用本文:邱健, 蒋超杰, 严刚, 等. 芳纶短纤维对天然橡胶胶料性能的影响[J]. 橡胶工业, 2024, 71(2): 108-114.

Citation: QIU Jian, JIANG Chaojie, YAN Gang, et al. Effect of short aramid fiber on properties of NR compound[J]. China Rubber Industry, 2024, 71(2): 108-114.

公司产品;RM-200C型密炼机,哈尔滨哈普电气有限公司产品;XLD-400×400×2型平板硫化机,青岛亿朗橡胶装备有限公司产品;PREMIER MV型门尼粘度计、MDR-C型无转子硫化仪和RPA2000橡胶加工分析(RPA)仪,美国阿尔法科技有限公司产品;Wallace H-14IRHD型橡胶硬度计,英国华莱士公司产品;Instron 3365型万能试验机,美国英斯特朗公司产品;DIN53512-1988型弹性体试验机和SS-5643-D型DIN磨耗试验机,中国台湾松恕检测仪器有限公司产品;EPLXOR 150N型动态力学分析(DMA)仪,德国GABO公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 混炼胶

块状NR先在开炼机上塑炼成薄片,再制成条状。

胶料混炼分两段进行。一段混炼在密炼机中进行,密炼机的转子转速为 $90\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,密炼室初始温度为 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷却水温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,具体混炼工艺为:加入NR(60 s)→提压砣→加入50%炭黑→压压砣(50 s)→提压砣→加入剩余50%炭黑→压压砣(50 s)→提压砣→加入除硫黄和促进剂以外的小料→压压砣(50 s)→提压砣→加入芳纶短纤维→压压砣→提压砣→翻胶→压压砣(50 s)→提压砣→翻胶→压压砣(50 s)→停车排胶,密炼总时长6 min。二段混炼在开炼机上进行,将开炼机的辊距设置为3 mm进行3次压片,然后将辊距调整为0.2 mm进行15次薄通,同时加入硫黄和促进剂,然后左右割胶、打三角包交替进行3~5次,调整辊距为3 mm下片。

混炼胶静置12 h后进行硫化。

1.4.2 硫化胶

混炼胶用平板硫化机进行硫化,硫化条件为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\times 1.3t_{90}$ 。

1.5 测试分析

(1) 门尼粘度:按照GB/T 1232.1—2016进行测试。

(2) 硫化特性:按照GB/T 16584—1996进行测试,测试温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) RPA分析:采用RPA2000橡胶加工分析仪

进行测试,应变范围为 $0.28\%\sim 100\%$,温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,频率为1 Hz。

(4) 邵尔A型硬度:按照GB/T 531.1—2008进行测试。

(5) 拉伸性能和撕裂强度:分别按照GB/T 528—2009和GB/T 529—2008进行测试,拉伸速率均为 $500\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

(6) 回弹值:按照GB/T 1681—2009进行测试。

(7) DIN磨耗量:按照GB/T 9867—2008进行测试,取5次平行试验的平均值。

(8) 动态力学性能:采用DMA仪进行测试,扫描温度范围为 $-65\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$,升温速率为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$,频率为10 Hz,应变为 0.01% 。

2 结果与讨论

2.1 门尼粘度

芳纶短纤维长度为3 mm时不同芳纶短纤维用量的胶料的门尼粘度如图1所示。

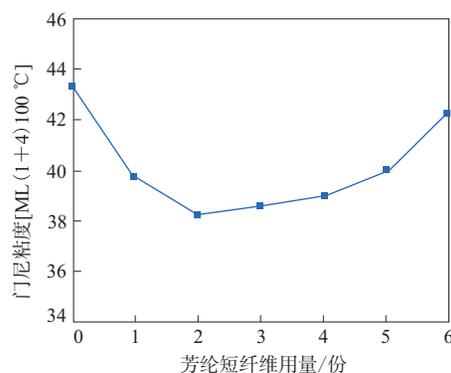


图1 不同芳纶短纤维用量的胶料的门尼粘度
Fig. 1 Mooney viscosities of compounds with different short aramid fiber amounts

从图1可以看出:随着芳纶短纤维用量的增大,混炼胶的门尼粘度先减小后增大;当芳纶短纤维用量为2份时,混炼胶的门尼粘度最小,这可能是当芳纶短纤维用量较小时,其线性结构在混炼胶中有一定的取向,门尼粘度仪做周向剪切时取向的芳纶短纤维携带着NR分子链运动,增加了胶料的流动性^[4-8]。

芳纶短纤维用量为2份时,2,3和6 mm长度的芳纶短纤维胶料的门尼粘度[ML (1+4) 100 °C]分

别为38.09, 38.25和28.96。可以看出: 添加2和3 mm长度的芳纶短纤维, 胶料的门尼粘度差异很小, 这可能是因为芳纶短纤维的长径比相差不大, 门尼粘度仪做周向剪切时取向的芳纶短纤维对NR分子链的运动影响很小; 添加6 mm长度的芳纶短纤维, 混炼胶的门尼粘度显著降低, 这可能是因芳纶短纤维的长径比增幅较大, 在门尼粘度仪

做周向剪切时长径比大的芳纶短纤维在发生取向后更易于携带NR分子链运动, 从而增加胶料的流动性^[9-14]。

2.2 硫化特性

芳纶短纤维长度为3 mm时芳纶短纤维用量对胶料硫化特性的影响如表1所示。

从表1可以看出: 随着芳纶短纤维用量的增

表1 芳纶短纤维用量对胶料硫化特性的影响

Tab. 1 Effect of short aramid fiber amounts on vulcanization characteristics of compounds

项 目	芳纶短纤维用量/份						
	0	1	2	3	4	5	6
$F_L/(dN \cdot m)$	1.44	1.49	1.56	1.59	1.60	1.67	1.71
$F_{max}/(dN \cdot m)$	15.93	16.52	16.65	16.78	17.26	17.42	17.63
$F_{max} - F_L/(dN \cdot m)$	14.49	15.03	15.09	15.19	15.66	15.75	15.92
t_{10}/min	5.64	5.86	6.02	6.06	6.19	6.28	6.41
t_{90}/min	11.06	11.27	11.49	11.51	12.05	12.29	12.55

大, 胶料的 F_L , F_{max} 和 $F_{max} - F_L$ 逐步增大, 这可能是由于芳纶短纤维自身的流动性较差, 其用量增大使得胶料整体流动需要的转矩增大; 胶料的 t_{10} 和 t_{90} 逐步延长, 表示胶料的安全性提高, 硫化效率降低。

芳纶短纤维用量为2份时芳纶短纤维长度对胶料硫化特性的影响如表2所示。

表2 芳纶短纤维长度对胶料硫化特性的影响

Tab. 2 Effect of short aramid fiber lengths on vulcanization characteristics of compounds

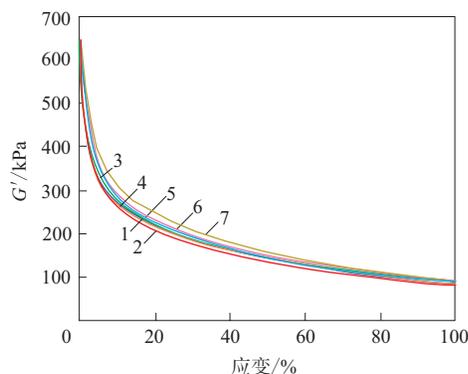
项 目	芳纶短纤维长度/mm		
	2	3	6
$F_L/(dN \cdot m)$	1.50	1.56	1.22
$F_{max}/(dN \cdot m)$	16.39	16.65	16.19
$F_{max} - F_L/(dN \cdot m)$	14.89	15.09	14.97
t_{10}/min	5.27	6.02	5.67
t_{90}/min	11.56	11.49	10.97

从表2可以看出, 当芳纶短纤维长度为3 mm时, 胶料的 F_L , F_{max} 和 $F_{max} - F_L$ 最大, 这表明3 mm长度的芳纶短纤维与NR基体之间结合性能更优异, 产生的物理交联网络更多, 对NR的补强效果更好。当芳纶短纤维的长度为2 mm时, 胶料的 $F_{max} - F_L$ 最小, 这可能是因为芳纶短纤维因长径比太小而不能与NR基体之间形成较强的物理交联作用。当芳纶短纤维长度为6 mm时, 芳纶短纤维的长径比相对较大, 芳纶短纤维与NR基体之间的物理交联作用也较强, 且在用量相同下与3 mm长度

的芳纶短纤维相比, 6 mm长度的芳纶短纤维根数较少, 致使其与NR基体的粘合性能较好, 形成的物理交联作用较大, 但交联点较少, 导致胶料的交联密度下降。由此可见, 随着芳纶短纤维长度的增大, 其分散性越来越好, 胶料的导热性增强, t_{90} 缩短。

2.3 RPA分析

芳纶短纤维长度为3 mm时不同芳纶短纤维用量的胶料的弹性模量(G')-应变曲线如图2所示。



芳纶短纤维用量/份: 1—0; 2—1; 3—2; 4—3; 5—4; 6—5; 7—6。

图2 不同芳纶短纤维用量的胶料的 G' -应变曲线
Fig. 2 G' -strain curves of compounds with different short aramid fiber amounts

从图2可以看出: 随着应变的增大, 胶料的 G' 呈现非线性下降的趋势, 这可能是因为随着应变的持续增大, NR基体与填料之间的网络结构被不断破坏, 胶料的 G' 减小; 胶料的Payne效应在芳纶

短纤维用量为2份时最弱,此时随着应变的增大,硫化胶的 G' 减小幅度最小,说明添加2份芳纶短纤维对形成NR与填料间的网络结构是最有利的。依据填料的聚集动力学规律,其粘度越低,填料越容易聚集,所以此时芳纶短纤维的分散性及其与NR基体的结合性最好。

芳纶短纤维用量为2份时不同长度芳纶短纤维胶料的 G' -应变曲线如图3所示。

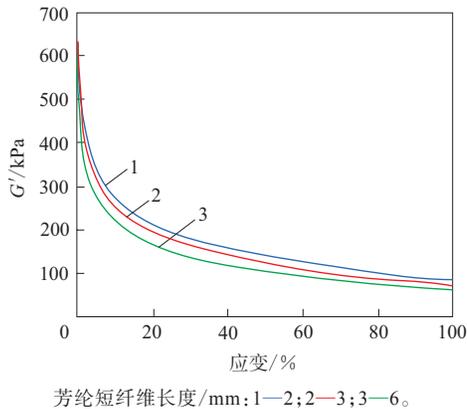


图3 不同长度芳纶短纤维胶料的 G' -应变曲线
Fig. 3 G' -strain curves of compounds with different short aramid fiber lengths

从图3可以看出,随着芳纶短纤维长度的增大,胶料的 G' 逐渐减小,说明芳纶短纤维在NR基体中的分散性增强,这可能是因为芳纶短纤维用量相同时,长度较大的芳纶短纤维根数较少,受到剪切应力时较长的芳纶短纤维流动性更好,因此在NR基体中的分散性更好。

2.4 物理性能

芳纶短纤维长度为3 mm时芳纶短纤维用量对硫化胶物理性能的影响如表3所示。

表3 芳纶短纤维用量对硫化胶物理性能的影响
Tab. 3 Effect of short aramid fiber amounts on physical properties of vulcanizates

项 目	芳纶短纤维用量/份						
	0	1	2	3	4	5	6
邵尔A型硬度/度	55	55	60	62	64	65	68
100%定伸应力/MPa	2.3	2.3	2.5	2.6	3.0	3.2	3.2
300%定伸应力/MPa	11.2	11.4	11.9	12.0	12.3	12.5	12.9
拉伸强度/MPa	21.6	22.4	23.5	21.4	20.0	19.8	19.5
拉伸伸长率/%	503	493	484	433	429	420	409
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	60	62	78	86	92	95	96
回弹值/%	54	53	52	52	52	52	52
DIN磨耗量/ cm^3	0.172	0.171	0.171	0.175	0.178	0.180	0.181
密度/($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.102	1.102	1.103	1.104	1.105	1.106	1.106

从表3可以看出,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的拉伸强度先增大后减小,在芳纶短纤维用量为2份时最大,这可能是因为当芳纶短纤维用量不足2份时,由于用量过小,芳纶短纤维被NR基体充分包裹,虽然分散较为均匀,但无法起到骨架的作用,当硫化胶受到外力时,芳纶短纤维发挥的支撑作用不大。当芳纶短纤维用量大于2份时,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的拉伸强度和拉伸伸长率呈减小趋势,定伸应力和撕裂强度呈增大趋势,这主要是由于芳纶短纤维的分子结构含有较大的苯环,使其具有较大的刚性和模量,从而在受到撕裂应力时能有效防止裂纹扩展,使硫化胶的撕裂强度增大,但芳纶短纤维用量过大时,虽然其在NR基体中的骨架作用较为明显,但会出现分散性较差的情况,这会导致硫化胶的断裂点增多,从而限制周边NR分子链的运动^[15-17]。

从表3还可以看出,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的回弹值先略有减小,最终基本稳定在52%,而硫化胶的DIN磨耗量先略微减小然后逐渐增大,当芳纶短纤维用量为1和2份时DIN磨耗量最小,为 0.171 cm^3 。分析认为:芳纶短纤维用量较小时,芳纶短纤维在NR基体中的分散性好,磨损首先发生在NR基体,然后再磨损芳纶短纤维,而芳纶短纤维的耐磨性较好,因此硫化胶的耐磨性能好;当芳纶短纤维用量过大时,芳纶短纤维在NR基体中的分散性变差,这是因为在磨损掉一部分NR基体后,裸露的芳纶短纤维分散不均,使得摩擦面上应力集中的点增多,导致摩擦力变大,从而增大磨耗量。

芳纶短纤维用量为2份时芳纶短纤维长度对硫化胶物理性能的影响如表4所示。

表4 芳纶短纤维长度对硫化胶物理性能的影响

项 目	芳纶短纤维长度/mm		
	2	3	6
邵尔A型硬度/度	60	60	60
100%定伸应力/MPa	2.7	2.5	2.6
300%定伸应力/MPa	12.4	11.9	11.8
拉伸强度/MPa	23.7	23.5	23.0
拉断伸长率/%	483	487	494
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	58	78	66
回弹值/%	52	52	52
DIN磨耗量/cm ³	0.171	0.171	0.170
密度/(Mg·m ⁻³)	1.103	1.103	1.103

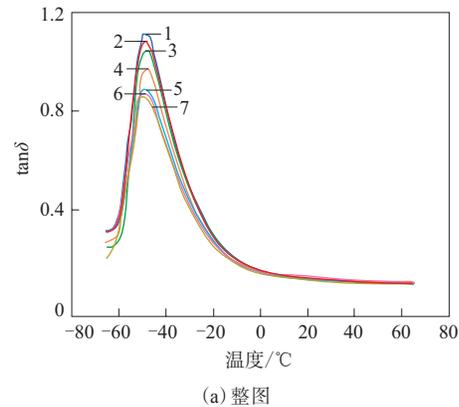
从表4可以看出:芳纶短纤维长度为2 mm时,硫化胶的定伸应力和拉伸强度最大;芳纶短纤维长度为3 mm的硫化胶的定伸应力和拉伸强度略小于芳纶短纤维长度为2 mm的硫化胶,但撕裂强度显著增大,原因可能是对于硫化胶的拉伸,2 mm长度的芳纶短纤维的长径比适中,与NR基体表面的结合更好,能够充分发挥纤维骨架的作用,在一定程度上提高了硫化胶的拉伸性能,但长度较短的芳纶短纤维的刚性较小,同时在用量相同时较短的芳纶短纤维的根数较多,在NR基体中的应力集中的点也更多,从而减小了硫化胶的撕裂强度。芳纶短纤维长度为6 mm时,芳纶短纤维与NR基体形成的交联点较少,硫化胶的拉伸强度较小,受到撕裂应力时,撕裂界面的芳纶短纤维的含量较低,不能充分发挥其刚性,因此相较于芳纶短纤维长度为3 mm的硫化胶,芳纶短纤维长度为6 mm的硫化胶的撕裂强度较小。

2.5 DMA分析

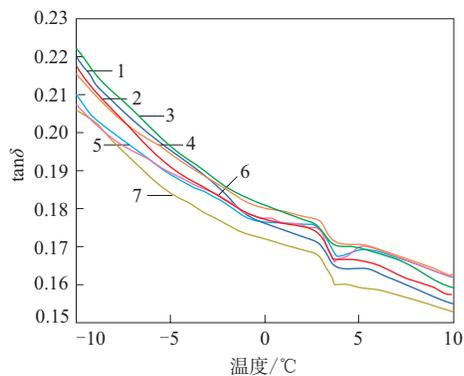
芳纶短纤维长度为3 mm时不同芳纶短纤维用量的硫化胶的损耗因子($\tan\delta$)-温度曲线如图4所示。

从图4(a)可以看出:芳纶短纤维用量相同时,随着温度升高,硫化胶的 $\tan\delta$ 先增大后减小,约在-49℃最大,约在0℃之后趋于平稳;随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的 $\tan\delta$ 最大值减小,这可能是因为芳纶短纤维分散性变差,同时芳纶短纤维与NR基体之间的相互作用力增大,抑制了NR分子链的活动。

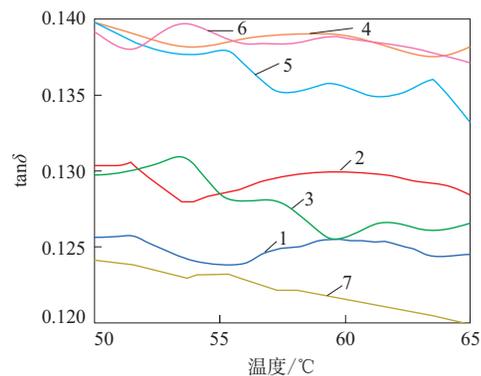
0℃时的 $\tan\delta$ 反映硫化胶的抗湿滑性能,其值越大,硫化胶的抗湿滑性能越好。从图4(b)可以看出,适量添加芳纶短纤维可有效改善硫化胶的



(a) 整图



(b) 局部放大图(0℃附近)



(c) 局部放大图(60℃附近)

注同图2。

图4 不同芳纶短纤维用量的硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线
Fig.4 $\tan\delta$ -temperature curves of vulcanizates with different short aramid fiber amounts

抗湿滑性能,当芳纶短纤维用量为2份时,硫化胶的抗湿滑性能最好,这可能是因为芳纶短纤维用量为2份时,其分散性以及和NR基体之间的结合较好,从而提高了硫化胶的抗湿滑性能。

60℃时的 $\tan\delta$ 反映硫化胶的生热和滚动阻力,其值越小,硫化胶的生热与滚动阻力越低。从图4(c)可以看出,加入芳纶短纤维后,硫化胶的

生热和滚动阻力基本呈升高趋势,这可能是因为芳纶短纤维的热传导效率低于NR基体,导致生热升高。

3 结论

(1) 当芳纶短纤维长度为3 mm时,随着芳纶短纤维用量的增大,硫化胶的拉伸强度先增大后减小,定伸应力和撕裂强度逐渐增大,拉断伸长率减小;芳纶短纤维用量为2份时,胶料的Payne效应最弱,说明此时芳纶短纤维在NR中的分散性最好,硫化胶的拉伸强度最大,耐磨性能和抗湿滑性能最好。

(2) 当芳纶短纤维用量为2份时,芳纶短纤维长度为2 mm的胶料的Payne效应最弱,硫化胶的定伸应力和拉伸强度最大,拉断伸长率和撕裂强度最小;芳纶短纤维长度为3 mm的硫化胶的定伸应力和拉伸强度略小于芳纶短纤维长度为2 mm的硫化胶,但撕裂强度明显增大。

综合来看,添加2份3 mm芳纶短纤维的硫化胶的综合性能最佳。

参考文献:

- [1] WALKER L A, PARIS W W, HARBER J B. Santoweb fiber reinforcement of rubber compounds[J]. *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 1985, 38(6): 494-612.
- [2] DATTA R, PETERS M. 用芳纶短纤维降低重载轮胎胎面胶的滞后损失[J]. 涂学忠,译. *轮胎工业*, 2004, 24(11): 680-683.
DATTA R, PETERS M. Reducing hysteresis loss of truck and bus tire tread compound using aramid short fibers[J]. Translated by TU X Z. *Tire Industry*, 2004, 24(11): 680-683.
- [3] 黄振华,施大全,黄晶晶,等. 改性短纤维FB-200在巨型全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. *橡胶科技*, 2015, 13(7): 27-30.
HUANG Z H, SHI D Q, HUANG J J, et al. Application of modified short fiber FB-200 in the tread compound of giant OTR radial tire[J]. *Rubber Science and Technology*, 2015, 13(7): 27-30.
- [4] SHIOYA M, KIKUTANI T. Synthetic textile fibres: Non-polymer fibres[M]. Sawston Cambridge: Woodhead Publishing, 2015: 139-155.
- [5] 日下部昇. 轮胎增强材料的发展[J]. 李汉堂,译. *轮胎工业*, 1998, 18(3): 36-41.
KUSAKABE NOBORU. Development of tire reinforcement materials[J]. Translated by LI H T. *Tire Industry*, 1998, 18(3): 36-41.
- [6] 王丽娥,吕强,苟登峰,等. 芳纶纤维在轮胎胎面胶中的应用研究[J]. *广东化工*, 2018, 45(14): 89-90.
WANG L E, LYU Q, GOU D F, et al. The application study of aramid fiber in tire tread[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2018, 45(14): 89-90.
- [7] 安宝苹. 短纤维补强橡胶在轮胎中的应用[J]. *中国石油和化工标准与质量*, 2019, 39(2): 106-107.
AN B P. Application of short fiber reinforced rubber in tires[J]. *China Petroleum and Chemical Standard and Quality*, 2019, 39(2): 106-107.
- [8] 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.
BIAN H G, LI H T, LIU J, et al. Study on properties of short aramid fiber reinforced natural rubber composite[J]. *China Rubber Industry*, 2018, 65(8): 901-905.
- [9] DENCHEV Z, DENCHEVA N. Manufacturing and properties of aramid reinforced composites[J]. *Synthetic Polymer-Polymer Composites*, 2012: 251-280. DOI: 10.3139/9781569905258.008.
- [10] 张德伟. 短纤维-橡胶复合材料混炼机理及实验研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2009.
ZHANG D W. Mixing mechanism and experimental study of short fiber-rubber composites[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2009.
- [11] 吴忠成,李红卫,刘华侨,等. 功能性树脂在轮胎胎面胶中的应用研究[J]. *橡胶科技*, 2018, 16(4): 17-21.
WU Z C, LI H W, LIU H Q, et al. Application of functional resin in tire tread[J]. *Rubber Science and Technology*, 2018, 16(4): 17-21.
- [12] HE Q, ZHOU Y J, QU W H, et al. Wear property improvement by short carbon fiber as enhancer for rubber compound[J]. *Polymer Testing*, 2019, 77: 105879.
- [13] 金仲. 天然橡胶芳纶短纤维复合材料力学性能的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2016.
JIN Z. Study on mechanical properties of natural rubber/aramid short fiber composites[D]. Guiyang: Guizhou University, 2016.
- [14] 郑元锁,张文,宋月贤,等. 芳纶短纤维增强天然橡胶耐磨材料的研究[J]. *高分子材料科学与工程*, 2000, 16(4): 92-95.
ZHENG Y S, ZHANG W, SONG Y X, et al. Rubber wear-resistant materials reinforced with aramid short fiber[J]. *Polymer Materials Science & Engineering*, 2000, 16(4): 92-95.
- [15] 杜娟,许阳,李桐,等. 纤维增强ABS复合材料的制备和力学性能研究[J]. *塑料科技*, 2023, 51(3): 29-32.
DU J, XU Y, LI T, et al. Preparation and mechanical properties of fiber reinforced ABS composites[J]. *Plastics Science and Technology*, 2023, 51(3): 29-32.
- [16] 蒲桃红,马静月,李柱凯. 椰壳纤维/玻璃纤维增强酚醛树脂复合材料的性能研究[J]. *塑料科技*, 2023, 51(1): 89-94.
PU T H, MA J Y, LI Z K. Properties of coir fiber/glass fiber blended phenolic resin composites[J]. *Plastics Science and Technology*, 2023, 51(1): 89-94.
- [17] 郭大双,姚彬彬,魏玉函,等. 湿法混炼芳纶短纤维/丁腈橡胶复合材料的性能研究[J]. *橡胶工业*, 2020, 67(9): 683-686.
GUO D S, YAO B B, WEI Y H, et al. Properties of aramid short fiber/NBR composite prepared by wet mixing[J]. *China Rubber Industry*, 2020, 67(9): 683-686.

收稿日期: 2023-10-24

Effect of Short Aramid Fiber on Properties of NR Compound

QIU Jian, JIANG Chaojie, YAN Gang, LI Wenchao, GE Fuyu, GAO Hao, LI Li

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: Based on the formula of tire tread compound, the effects of the amount and length of short aramid fiber on the properties of natural rubber (NR) compound were studied. The results showed that when the short aramid fiber length was 3 mm, the Payne effect of the compound with short aramid fiber amount of 2 phr was the weakest, and the tensile strength of the vulcanizate was the largest, the tensile stress at a given elongation and tear strength were relatively large, and the wear resistance and wet slip resistance were the best. When the short aramid fiber amount was 2 phr, the Payne effect of the compound with short aramid fiber length of 2 mm was the weakest, and the tensile stress at a given elongation and tensile strength of the vulcanizate were the largest. The vulcanizate with short aramid fiber length of 3 mm has larger tensile stress at a given elongation and tensile strength, the largest tear strength, and the best overall performance.

Key words: short aramid fiber; NR; physical property; dynamic mechanical property

专利3则

由四川大学申请的专利(公布号 CN 117264546A, 公布日期 2023-12-22)“一种柔性高导热、导电粘接膜材料的制备方法”,公开了一种柔性高导热、导电粘接膜材料的制备方法。粘接膜材料组分为环氧树脂、异氰酸酯封端的聚酯聚氨酯、羧基丁腈橡胶、导热导电功能粒子、交联剂、固化促进剂、溶剂和金属粒子表面改性剂,经液体分散机将聚合物和金属粒子及助剂混合均匀,用溶液流延机流延成型,再经过双辊压延机压延,使金属粒子取向,即可得到柔性高导热、导电粘接膜材料。通过该方法制备的粘接膜材料具有优异的导热和导电性、柔韧性、粘接性,且形变小和不流胶,可用激光裁剪成任意形状的粘接膜,以满足异形件的粘接。通过本发明制备的粘接膜材料配方可调,生产方法简单,性能稳定。

由苏州斯尔泰光伏材料科技有限公司申请的专利(公布号 CN 117264328A, 公布日期 2023-12-22)“一种光伏层压机用复合型耐高温橡胶板”,提供一种光伏层压机用复合型耐高温橡胶板的制备方法。该橡胶板由工作面胶板和非工作面胶板组成,工作面胶板结合有网格布,其胶料配方(用量/份)为:三元乙丙橡胶 100以上,炭黑

45~55,白炭黑 10~15,无机填料 20~30,氧化锌 5~10,硬脂酸 0.5~1.0,石蜡油 4~8,防老剂 6~9,增粘树脂 2~4,硫化剂 2~4,助交联剂 1~2。本发明将网格布与工作面胶板结合,使工作面胶板具有更优的抗撕裂性能;对两面胶板使用不同的胶料配方,以制备性能更优的橡胶板,且有利于控制橡胶板的整体成本,并为层压机层压过程中的真空度提供保障。

由山西新华防化装备研究院有限公司申请的专利(公布号 CN 117264337A, 公布日期 2023-12-22)“一种橡塑共混材料及其制备方法与应用”,涉及一种橡塑共混材料及其制备方法与应用特性。橡塑共混材料配方(用量/份)为:卤化丁基橡胶 100,尼龙 90~140,氧化锌 4~7,十溴二苯醚 20~50,硼酸锌 10~30,三氧化二锑 10~20,阻燃剂DPOP 5~10,PP接枝共聚物 17~25,防老剂4010NA 1~2,抗氧剂1010 0.5~1,促进剂TMTD 0.5~1,促进剂MBTS 1~1.5。本发明避免了橡胶和塑料由于粘度不同而导致的阻燃剂分布不均匀现象,解决了橡塑共混材料不易阻燃的问题。本发明制备的阻隔材料还具有优异的耐低温性能和热成型的特点,可用于三防帐篷材料、防护服等产品的成型。

(信息来源于国家知识产权局)