

应用理论

芳纶帘线与胶料的粘合性能研究

史博¹, 邹华^{1*}, 张继阳², 潘成腾¹

(1. 北京化工大学 北京市新型高分子材料制备与加工重点实验室, 北京 100029; 2. 北京北化新橡特种材料科技股份有限公司, 北京 100029)

摘要:研究芳纶帘线与钢丝帘线擦胶用天然橡胶(NR)胶料的粘合性能,以及粘合剂RA-65、间苯二酚、新癸酸钴、粘合剂RS对胶料物理性能和芳纶帘线与胶料粘合性能的影响。结果表明:对于钢丝帘线擦胶用NR胶料,芳纶帘线的H抽出力较大,但剥离力较小;粘合剂RA-65和间苯二酚可以提高胶料的硬度和芳纶帘线与胶料的粘合性能;粘合剂RS与间苯二酚对芳纶帘线与胶料的粘合性能的改善效果相近。

关键词:芳纶帘线;天然橡胶;粘合性能;H抽出力;剥离力

中图分类号:TQ330.1⁺6

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2023)05-0336-06

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2023.05.0336



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

芳纶纤维有着优异的性能,近年来涉及的领域越来越广。美国、日本、俄罗斯已经形成了规格全面的芳纶纤维系列产品,并且开始走定制化芳纶纤维产品的路线,发达国家由于研究芳纶纤维时间早,现已有了先发优势。国内实现了对位芳纶和杂环芳纶的关键技术突破,建成多套工业化装置,基本型芳纶纤维(Kevlar 29级)实现量产,高强度对位芳纶纤维(Kevlar 129级)实现国产并在一些特殊领域得以应用^[1]。

随着国内对海上石油开发力度的加大,一种海上可漂浮特种输油胶管的需求量增大,但此胶管大多依赖进口。此胶管要耐7.5 MPa的爆破压力,同类产品耐压层是钢丝帘布或者聚酯帘布。芳纶帘布性能优异^[2-3],被广泛应用在一些带压力的橡胶制品,如轮胎^[4-6]中。开发以芳纶帘布为耐压层的海上可漂浮特种输油胶管,可以实现胶管的轻量化,同时提高胶管的性能。芳纶帘布作为橡胶骨架材料的缺点是表面光滑、活性基团少且结晶度高,直接使用时与胶料粘合不好。解决芳纶帘布表面惰性最常用的方法是浸渍处理^[7-8],这

种工艺处理速度快,适合工业生产^[9],浸渍层的性能对界面粘合性能的影响很大^[10]。另外,随着环保要求的日渐提高,一些新型环保的浸渍体系被开发出来,以适应当前的时代需求^[11]。

本工作前期研究发现,市购浸渍处理的芳纶帘布与胶料的粘合强度不达标,且开封放置一段时间后,其与胶料的粘合强度有一定程度地下降。芳纶帘布与胶料的粘合强度一方面取决于芳纶帘线的预处理,另一方面取决于胶料的性能。本工作研究芳纶帘布擦胶用胶料的性能,以期提高芳纶帘线与胶料的粘合强度,为芳纶帘布在海上可漂浮特种输油胶管上的应用提供参考。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),烟胶片,印度尼西亚进口产品;丁苯橡胶(SBR),牌号1502,吉林化学工业股份有限公司产品;炭黑N330,卡博特化工(天津)有限公司产品;粘合剂RA-65和RS,常州新策高分子材料有限公司产品;新癸酸钴(钴质量分数为

作者简介:史博(1995—),男,甘肃定西人,北京化工大学硕士研究生,主要从事特种耐油胶管的设计、制备及性能研究。

*通信联系人(zouhua@mail.buct.edu.cn)

引用本文:史博,邹华,张继阳,等.芳纶帘线与胶料的粘合性能研究[J].橡胶工业,2023,70(5):336-341.

Citation:SHI Bo,ZOU Hua,ZHANG Jiyang,et al. Adhesive properties between aramid cord and compound[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(5):336-341.

20%), 云南力莲生物有限公司产品; 1680dtex/3芳纶帘布, 市售品。

1.2 主要设备和仪器

RM-200C型密炼机, 哈尔滨哈普电气技术有限公司产品; X(S)K-160型冷辊开炼机, 上海橡胶机械一厂有限公司产品; 25 t平板硫化机, 湖州东方机械有限公司产品; M-3000A型无转子硫化仪和AI-7000S1型电子拉力机, 高铁检测仪器(东莞)有限公司产品。

1.3 试样制备

将橡胶加入密炼机中塑炼, 密炼室初始温度为60℃, 转子转速为60 r·min⁻¹, 1.5 min后分批加入小料、炭黑, 待混炼均匀后排胶; 胶料冷却后在开炼机上进行返炼, 加入粘合剂、新癸酸钴、促进剂和硫黄, 混炼均匀后出片。混炼胶停放24 h后进行硫化, 硫化条件为151℃/15 MPa×40 min。

1.4 性能测试

(1) 芳纶帘线的剥离力和附胶率。

用特殊模具将芳纶帘线(从1680dtex/3芳纶帘布中抽取)嵌入橡胶并硫化制成2 mm厚的试样, 用电子拉力机把帘线从橡胶中拉出来, 测试条件参照GB/T 32109—2015。

芳纶帘线的附胶率采用下式计算:

$$\text{附胶率} = (m - x \times \rho) / (x \times \rho) \times 100\%$$

式中: m 为剥离后芳纶帘线的质量, g; x 为剥离后芳纶帘线的长度, cm; ρ 为芳纶帘线的线密度, 0.005 5 g·cm⁻¹。

(2) 其余性能。

均按照相应的国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 粘合机理

经过间苯二酚-甲醛-丁吡胶乳(RFL)浸渍液二浴处理过的芳纶帘线与胶料之间的粘合机理如图1所示。

图1中a区域是芳纶帘线二浴处理的RFL部分, b区域是胶料部分。据研究, RFL浸渍层具有两相结构, RF树脂为分散的玻璃态网络, 胶乳则构成连续的橡胶相, RF树脂和丁吡胶乳通过络合作用形成互穿网络结构^[12-13], 从而在帘线表面形成软硬交替结构, 宏观表现为芳纶帘线表面变硬, 但有一定

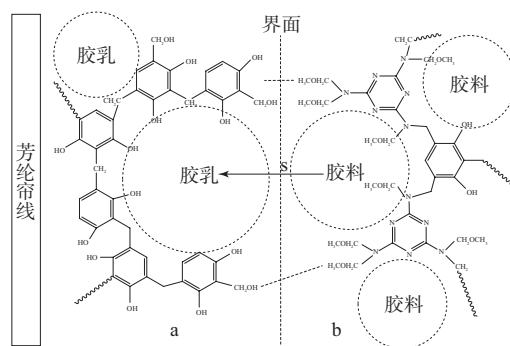


图1 芳纶帘线与胶料的粘合机理示意

Fig.1 Diagram of adhesion mechanism between aramid cord and compound

韧性。老化后, RF树脂相与胶乳相模量增大, 不利于粘合^[10], 因此浸渍处理的芳纶帘线室温停放一段时间后与胶料的粘合性能变差。

通过类比RFL结构和参考刘华侨等^[14]的研究可知, 橡胶相中的粘合剂RA-65[主要成分为六甲氧基甲基密胺]与间苯二酚反应生成间苯二酚-六甲氧基甲基密胺树脂(RH树脂)。芳纶帘线与胶料的界面粘合主要通过3种途径: (1) 硫化过程中, 胶料中的硫化剂迁移到不含硫化剂的胶乳中进行共硫化; (2) 加热加压硫化时, 帘布擦胶中生成RH树脂, 其与芳纶帘线表面的RF树脂发生反应; (3) 树脂以及游离的单体与橡胶发生反应。

2.2 钢丝帘布擦胶用NR胶料的性能

钢丝帘布在橡胶制品中应用非常广泛, 并且已有胶管采用钢丝帘布作为耐压层, 在此以钢丝帘布擦胶用NR胶料配方为研究对象, 探讨其物理性能以及与芳纶帘线的粘合性能。

2.2.1 物理性能

不溶性硫黄用量对钢丝帘布擦胶用NR胶料物理性能的影响如表1所示。

从表1可以看出: 不溶性硫黄用量为5份时, 胶料的硬度较大, 拉断伸长率不足200%, 不满足胶料邵尔A型硬度为60~80度、拉断伸长率不小于250%的指标要求; 不溶性硫黄用量以0.5份的梯度减小, 胶料性能的变化趋势为硬度减小、拉断伸长率增大, 到不溶性硫黄用量为2.5份时胶料的物理性能均可满足指标要求。

2.2.2 粘合性能

不溶性硫黄用量对钢丝帘布擦胶用NR胶料与

芳纶帘线粘合性能的影响如图2所示。

表1 不溶性硫黄用量对钢丝帘布擦胶用NR胶料物理性能的影响
Tab.1 Effect of insoluble sulfur amounts on physical properties of NR compound for steel cord impregnation

项 目	不溶性硫黄用量/份					
	5	4.5	4	3.5	3	2.5
密度/(Mg·m ⁻³)	1.18	1.18	1.17	1.18	1.17	1.17
邵尔A型硬度/度	85	83	80	79	78	76
100%定伸应力/MPa	7.6	6.6	6.8	5.6	5.0	4.2
拉伸强度/MPa	14.7	14.5	14.3	14.3	13.3	13.4
拉断伸长率/%	191	221	207	234	243	297
拉断永久变形/%	8	10	10	10	12	16

注:其余组分和用量(份)为NR 100,炭黑N330 55,氧化锌 8,硬脂酸 0.2,防老剂RD 1,防老剂4020 1,粘合剂 7.2,促进剂DCBS 1。

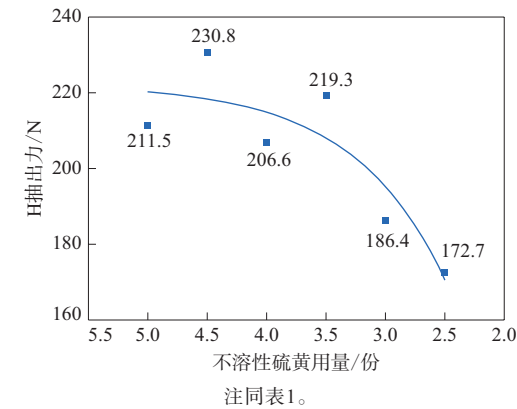


图2 不溶性硫黄用量对钢丝帘布擦胶用NR胶料与芳纶帘线粘合性能的影响
Fig.2 Effect of insoluble sulfur amounts on adhesive property between NR compounds for steel cord impregnation and aramid cord

从图2可以看出,随着不溶性硫黄用量的减小,芳纶帘线的H抽出力呈现减小趋势,当不溶性硫黄用量为2.5份时H抽出力虽然较小,但仍满足150 N的性能指标,但其剥离力为8.3 N,较不溶性硫黄用量为5份时减小了25.6%,远小于13 N指标要求。分析认为芳纶帘线的H抽出力大的原因有2个方面:(1)芳纶帘线是由3股初捻纤维加捻制成的,表面有类似于螺纹钢的凹凸结构,胶料与这种凹凸结构在平行于帘线方向形成机械互锁结构,由于胶料的硬度和100%定伸应力较大,在受力时可以承载更大力值;(2)两相间的树脂发生了化学反应。芳纶纤维的剥离力较小的原因也有2个方面:(1)硫化过程中,胶料中的硫化剂需要迁移到RFL结构的胶乳中进行共硫化,而钢丝帘布擦胶

用NR胶料采用不溶性硫黄,迁移性能差,生成的共交联结构少;(2)剥离力测试时芳纶帘线受力方向与H抽出力测试不同,胶料与帘线的机械互锁结构基本不发挥作用,因此剥离力较小。

综上所述,钢丝帘布擦胶用NR胶料与芳纶帘线的剥离力较小,不能直接用于芳纶帘布。

2.3 粘合剂RA-65、间苯二酚和新癸酸钴对胶料性能的影响

采用聚酯帘布擦胶用混炼胶(1号胶)和芳纶帘线测试用混炼胶(2号胶)为研究对象,直接加入钢丝帘布擦胶用NR胶料用粘合剂(粘合剂RA-65:间苯二酚:新癸酸钴用量比为5:1.2:1)进行探索试验,研究其对胶料物理性能、胶料与芳纶帘线界面粘合性能的影响。

粘合剂对胶料物理性能的影响如表2所示。

表2 粘合剂对胶料物理性能的影响
Tab.2 Effect of adhesive on physical properties of compounds

项 目	1号胶	1号胶+粘合剂	2号胶	2号胶+粘合剂
密度/(Mg·m ⁻³)	1.28	1.29	1.11	1.13
邵尔A型硬度/度	60	72	60	76
100%定伸应力/MPa	1.6	2.9	2.1	3.8
300%定伸应力/MPa	4.2	6.6	9.4	13.6
拉伸强度/MPa	9.5	10.1	23.2	19.5
拉断伸长率/%	588	473	539	492
拉断永久变形/%	32	32	20	20

从表2可以看出:加入粘合剂后,胶料的硬度增大,拉断伸长率减小;1号胶的拉伸强度略有增大,2号胶的拉伸强度略有减小;拉断永久变形没有变化,说明粘合剂对胶料的交联情况影响较小,可以忽略。

粘合剂对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响如图3所示。

从图3可以看出:粘合剂可以明显提高胶料与芳纶帘线的粘合性能,其中1号胶对应的芳纶帘线的H抽出力和剥离力分别增大了70%和132%,2号胶对应的芳纶帘线的H抽出力和剥离力分别增大了81%和185%。

剥离力测试后芳纶帘线的附胶情况见图4。

从图4可以直观地看到,加入粘合剂后芳纶帘线的附胶率明显增大。对比加入粘合剂的2号胶与加入2.5份不溶性硫黄的钢丝帘布擦胶用NR胶料的性能发现,两者硬度一样,100%定伸应力接

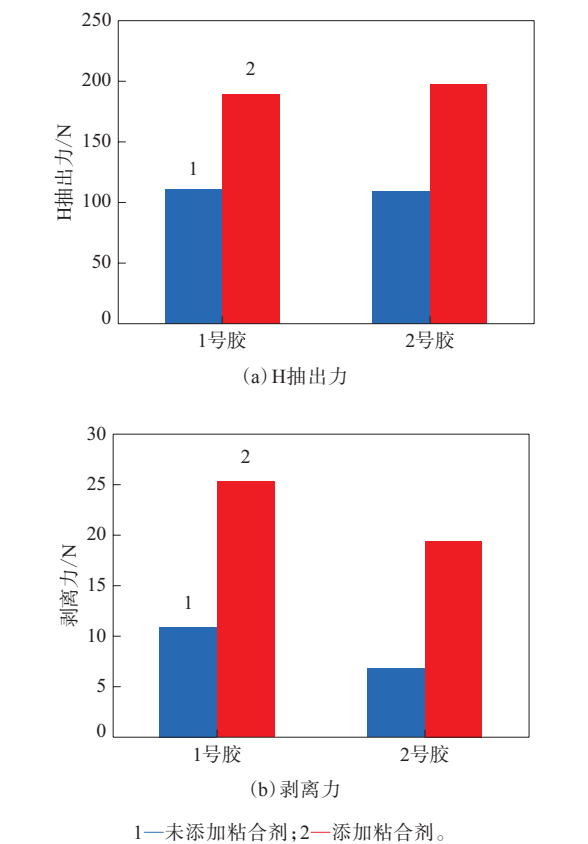


图3 粘合剂对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响
Fig.3 Effect of adhesive on adhesive properties between compounds and aramid cord

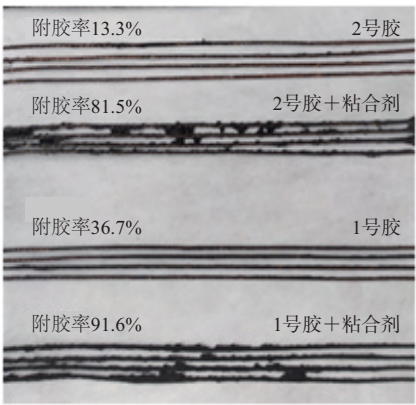


图4 剥离力测试后芳纶帘线的附胶情况
Fig.4 Adhesive adhesion of aramid cord after peeling force test
近,但是加入粘合剂的2号胶对应的芳纶帘线的剥离力比加入2.5份不溶性硫黄的钢丝帘布擦胶用NR胶料对应的芳纶帘线增大134%,原因在于加入粘合剂的2号胶采用普通硫黄,迁移性好,并且炭黑用量较小,含胶率较大,可以与芳纶帘线表面浸渍结构形成更多的共硫化结构。

经过以上研究发现3种粘合剂并用可以提高

胶料与芳纶帘线的粘合性能,但因为新癸酸钴一般与金属发生作用,对于在胶料与芳纶帘线的粘合中是否发挥作用存在疑问,所以对新癸酸钴对胶料性能的影响进行了探讨。

新癸酸钴对胶料物理性能的影响见表3。

表3 新癸酸钴对胶料物理性能的影响
Tab.3 Effect of cobalt neodecanoate on physical properties of compounds

项 目	添加1份新癸酸钴	未添加新癸酸钴
密度/(Mg·m ⁻³)	1.16	1.15
邵尔A型硬度/度	68	70
100%定伸应力/MPa	3.2	3.1
300%定伸应力/MPa	12.3	12.4
拉伸强度/MPa	25.6	25.6
拉断伸长率/%	489	486
拉断永久变形/%	22	24

注: 配方其余组分及用量(份)为NR 90,SBR 10,炭黑 N330 35,氧化锌 8,硬脂酸 2,防老剂RD 1,防老剂4020 1,粘合剂RA-65 5,间苯二酚 1.2,硫黄 2.5,促进剂DCBS 1,促进剂TMTDT 0.3。

从表3可以看出,新癸酸钴对胶料物理性能的影响较小。新癸酸钴主要起催化作用,促进橡胶与金属表面粘合,因此其对胶料物理性能的影响较小^[15]。

新癸酸钴对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响如图5所示。

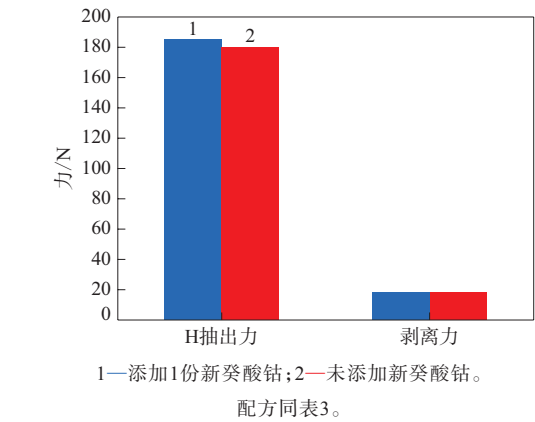


图5 新癸酸钴对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响
Fig.5 Effect of cobalt neodecanoate on adhesive properties between compounds and aramid cord

从图5可以看出,新癸酸钴对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响很小,这是由于芳纶帘线表面缺少金属元素与新癸酸钴反应,因此新癸酸钴起到的增粘作用很小。

粘合剂RA-65和间苯二酚可以提高胶料与芳纶帘线间的粘合性能,而新癸酸钴对界面粘合的作用不大,可以忽略。

2.4 粘合剂RS对胶料性能的影响

2.4.1 物理性能

粘合剂RS是间苯二酚与硬脂酸的混合物,用粘合剂RS代替间苯二酚可以减少硫化过程中间苯二酚的挥发,有利于工业生产。

粘合剂RS用量对胶料物理性能的影响见表4。

表4 粘合剂RS用量对胶料物理性能的影响
Tab. 4 Effect of adhesive RS amounts on physical properties of compounds

项 目	粘合剂RS用量/份			
	1	2	3	4
密度/($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.12	1.13	1.13	1.13
邵尔A型硬度/度	65	67	69	72
100%定伸应力/MPa	3.3	3.5	3.8	4.0
300%定伸应力/MPa	15.0	15.2	15.9	15.5
拉伸强度/MPa	24.4	25.4	23.6	23.6
拉断伸长率/%	431	438	401	416
拉断永久变形/%	20	16	18	20

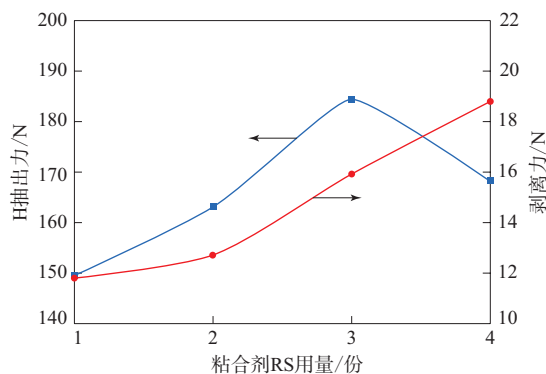
注:配方其余组分及用量(份)为NR 90, SBR 10, 炭黑N330 35, 氧化锌 8, 硬脂酸 2, 防老剂RD 1, 防老剂4020 1, 粘合剂RA-65 5, 硫磺 2.5, 促进剂DCBS 1, 促进剂TMTD 0.3。

从表4可以看出,随着粘合剂RS用量的增大,胶料的硬度和100%定伸应力增大,拉伸强度和拉断伸长率变化不明显。

2.4.2 粘合性能

粘合剂RS用量对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响如图6所示。

从图6可以看出:随着粘合剂RS用量的增大,



注同表4。

图6 粘合剂RS用量对胶料与芳纶帘线粘合性能的影响
Fig. 6 Effect of adhesive RS amounts on adhesive properties between compounds and aramid cord

芳纶帘线的H抽出力先增大后减小,剥离力一直增大;粘合剂RS为3份时,芳纶帘线的H抽出力大于未添加新癸酸钴的胶料对应的芳纶帘线(见图5)。

分析认为:芳纶帘线的H抽出力达到峰值之前,随着粘合剂RS用量的增大,RH树脂网络越来越完善,胶料与芳纶帘线的界面反应点也逐渐增加,达到增强界面的粘合性能效果,另一方面胶料的硬度增大其可以在受力时承载更大的力;H抽出力达到峰值之后,粘合剂RS用量增大会使RH树脂过渡交联而变脆,在受力时容易断裂。胶料与芳纶帘线的界面处是胶料与胶乳接触,RF树脂与RH树脂形成软硬交替结构,H抽出力测试时,界面的破坏要在一定的形变下发生,树脂变脆导致形变能力变差,在受力时树脂的破坏先于胶乳-橡胶之间的破坏。

芳纶帘线的剥离力持续增大有以下原因:(1)粘合剂RS用量增大时,胶料与芳纶帘线的界面间反应的活性基团增加,胶料与芳纶帘线表面形成了更多的化学键;(2)剥离力测试时胶料的形变较小,因为在胶料背面有锦纶布增强层,所以树脂网络不会提前发生破坏。此外,胶料与帘线的机械互锁结构在剥离时由于受力方向不同而不起作用,因此H抽出力和剥离力呈现出不同的变化趋势。

3 结论

(1) 钢丝帘布擦胶用NR胶料与芳纶帘线的粘合性能出现了分化,芳纶帘线的H抽出力较大,但剥离力较小。

(2) 钢丝帘布擦胶用NR胶料用粘合剂组合中粘合剂RA-65和间苯二酚可以提高胶料的硬度以及胶料与芳纶帘线的粘合性能,其中剥离力增大最为明显,而新癸酸钴对提高芳纶帘线与胶料的粘合性能效果不明显。

(3) 胶料的粘合剂RS用量为3份时,对应的芳纶帘线的H抽出力比未添加新癸酸钴对应的胶料大2.5%,剥离力小10%,满足性能指标,粘合剂RS可以替代间苯二酚。

参考文献:

- [1] 李仲平,冯志海,徐桦华,等.我国高性能纤维及其复合材料发展战略研究[J].中国工程科学,2020,22(5):28-36.
- LI Z P, FENG Z H, XU L H, et al. Development strategies for China's high-performance fibers and their composites[J]. Strategic

- Study of CAE, 2020, 22(5): 28–36.
- [2] 姚利丽, 周志嵩, 朱晨露, 等. 芳纶纤维及其复合材料的研究进展[J]. 橡胶科技, 2018, 16(3): 5–11.
YAO L L, ZHOU Z S, ZHU C L, et al. Research progress in aramid fiber and its composites[J]. Rubber Science and Technology, 2018, 16(3): 5–11.
- [3] 戴美萍, 孙毅, 王晓龙, 等. 高性能纤维作为橡胶骨架材料的应用研究[J]. 橡胶科技, 2020, 18(4): 194–198.
DAI M P, SUN Y, WANG X L, et al. Study on application of high performance fiber as rubber skeleton material[J]. Rubber Science and Technology, 2020, 18(4): 194–198.
- [4] 刘晓芳, 李超, 魏胜, 等. 芳纶帘线在高性能半钢子午线轮胎中的应用研究[J]. 轮胎工业, 2021, 41(5): 312–314.
LIU X F, LI C, WEI S, et al. Application of aramid cord in high performance steel-belted radial tire[J]. Tire Industry, 2021, 41(5): 312–314.
- [5] 宁研彤, 王丹灵, 刘凤丽, 等. 轮胎用纤维骨架材料的研究进展[J]. 轮胎工业, 2021, 41(8): 469–474.
NING Y T, WANG D L, LIU F L, et al. Research progress of fiber skeleton materials for tire[J]. Tire Industry, 2021, 41(8): 469–474.
- [6] 吴洪全, 臧云红, 王超群, 等. 航空子午线轮胎带束层胶料与纤维帘线粘合性能研究[J]. 轮胎工业, 2022, 42(4): 215–218.
WU H Q, ZANG Y H, WANG C Q, et al. Study on adhesion properties of belt compound and fiber cord of aviation radial tire[J]. Tire Industry, 2022, 42(4): 215–218.
- [7] DU Y Q, ZHENG X E, SHAO X M, et al. Improved adhesion properties of natural rubber to polyamide cord through mussel-inspired adhesive[J]. Journal of Polymer Research, 2021, 28(9): 357.
- [8] ZHANG B, SHAO X M, TIAN M, et al. Mussel-inspired environmentally friendly dipping system for aramid fiber and its interfacial adhesive mechanism with rubber[J]. Polymer, 2022, 238: 124414.
- [9] 王磊, 孙全吉, 赵文博, 等. 高性能纤维的表面改性及其与橡胶基体的界面粘合性能研究进展[J]. 橡胶工业, 2020, 67(7): 545–550.
WANG L, SUN Q J, ZHAO W B, et al. Research progress of surface modification of high-performance fiber and its interfacial adhesion property with rubber matrix[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(7): 545–550.
- [10] ENGANATI S K, ADDIEGO F, FERNANDES J P C, et al. Multiscale characterization of interfacial region in flexible rubber composites: Initial structure and evolution upon thermal treatment[J]. Polymer Testing, 2021. DOI: 10161j. polymertesting. 2021. 107203.
- [11] 张博, 王文才, 田明, 等. 基于植物多酚/多胺的芳纶帘线绿色环保浸胶体系及其界面粘合机理研究[J]. 橡胶工业, 2022, 69(9): 643–651.
ZHANG B, WANG W C, TIAN M, et al. Study on environment-friendly dipping system of aramid cord based on plant polyphenols/polyamines and its interfacial adhesion mechanism[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(9): 643–651.
- [12] 罗鹏. 芳纶纤维表面改性及其与橡胶黏合性能的研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2018.
LUO P. Study on surface modification of aramid fiber and its adhesion with rubber[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2018.
- [13] RAHRIG D B. Dynamic mechanical and thermal analysis for the determination of RFL morphology[J]. The Journal of Adhesion, 1984, 16(3): 179–215.
- [14] 刘华侨, 郑昆, 顾培霜. SL-3005与RA-65间甲黏合体系最优用量研究[J]. 橡塑技术与装备, 2016, 42(1): 16–19.
LIU H Q, ZHENG K, GU P S. Research of the optimal dosage of the glue system between SL-3005 and RA-65[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2016, 42(1): 16–19.
- [15] 陈新, 赵燕超. 轮胎用钢丝帘线与橡胶的粘合机理[J]. 轮胎工业, 2013, 33(6): 326–333.
CHEN X, ZHAO Y C. Bonding mechanism of steel cord and rubber for tire[J]. Tire Industry, 2013, 33(6): 326–333.

收稿日期: 2022-12-20

Adhesive Properties between Aramid Cord and Compound

SHI Bo¹, ZOU Hua¹, ZHANG Jiyang², PAN Chengteng¹

(1. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. Beijing Beihua Xinxiang Special Material Technology Co. Ltd, Beijing 100029, China)

Abstract: The adhesive properties between aramid cord and the natural rubber (NR) compound which was usually used for the impregnation of steel cords, and the effects of adhesive RA-65, resorcinol, cobalt neocaprata and adhesive RS on the physical properties of the NR compound and adhesive properties between aramid cord and the compound were studied. The results showed that based on the NR compound for steel cord impregnation, the H-extraction force of the aramid cord was large, but the peeling force was small. It was found that use of the adhesive RA-65 and resorcinol could improve the hardness of the compound and the adhesive properties between aramid cord and the compound. Meanwhile, the improvement effect of the adhesive RS and resorcinol on the adhesive properties between aramid cord and the compound was similar.

Key words: aramid cord; NR; adhesive property; H-extraction force; peeling force