

粘合树脂在阻燃钢丝绳芯输送带胶料中的应用

赵之朋^{1,2}, 俞正洲^{1,2}, 郭虎^{1,2}, 刘玉帅^{1,2}, 和燕³

(1. 山东阳谷华泰化工股份有限公司, 山东 阳谷 252300; 2. 国家橡胶助剂工程技术研究中心, 山东 阳谷 252300;

3. 北京橡胶工业研究设计院有限公司, 北京 100143)

摘要: 研究粘合树脂在阻燃钢丝绳芯输送带胶料中的应用。结果表明: 加入粘合树脂后, 钢丝绳芯胶的焦烧时间和胶料在钢丝绳中的渗透时间延长, 胶料粘合强度保持率更高, 输送带安全性提高; 静态粘合强度与橡胶基体的强度有关, 动态粘合强度为橡胶-钢丝绳粘合层破坏强度, 可以更准确地反映粘合树脂与钴盐并用的增粘效果; 在阻燃钢丝绳芯输送带芯胶中应用粘合树脂HT1005效果更优。

关键词: 粘合树脂; 阻燃钢丝绳芯输送带; 钴盐

中图分类号: TQ330.38⁺7; TQ336.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-5448(2022)12-0599-04

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2022.12.0599



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

阻燃输送带以钢丝绳芯衬垫覆盖橡胶制成, 包括芯胶、钢丝绳、覆盖层和边胶4个部分, 可作为带式输送机的牵引和运载构件^[1-2], 其特点为拉伸强度大、抗冲击性能好、寿命长、伸长率小、成槽性和耐屈挠性能好, 适用于长距离、大运程和高速度输送物料^[3-5]。输送带钢丝绳一般由优质的高碳钢(含碳量0.7%左右)拉制而成, 钢丝绳表面需要镀锌或者镀铜, 以增大钢丝和橡胶之间的粘合力, 同时防止钢丝锈蚀。目前工业上使用的输送带钢丝绳基本采用镀锌处理。

影响阻燃钢丝绳芯输送带安全性能的因素较多, 橡胶与钢丝绳之间的粘合是阻燃输送带生产和使用中的关键^[6-9]。芯胶性能很大程度上决定了阻燃输送带的使用寿命, 芯胶与镀锌钢丝的粘合性能也是影响阻燃输送带使用寿命的关键因素之一。目前生产的众多阻燃钢丝绳芯输送带芯胶中, 大多采用粘合性能优良天然橡胶(NR), 往往还会添加增粘效果优良的钴盐^[10]。由于钴盐较昂贵, 添加粘合树脂可以在提高芯胶与镀锌钢丝

粘合性能的前提下减小钴盐的用量, 从而降低生产成本^[11-12]。

本工作针对粘合树脂对阻燃钢丝绳芯输送带芯胶的门尼粘度、硫化特性、物理性能及芯胶与镀锌钢丝静态和动态粘合性能的影响进行了研究。

1 实验

1.1 原材料

NR, 印度尼西亚产品; 氯丁橡胶(CR)和顺丁橡胶(BR), 朗盛集团产品; 炭黑N330, 江西黑猫炭黑股份有限公司产品; 白炭黑, 确成硅化学股份有限公司产品; 改性间苯二酚甲醛树脂(简称粘合树脂HT1005)、间苯二酚母粒(由80%间苯二酚、20%特种橡胶与分散剂组成, 简称粘合树脂R-80)、亚甲基给予体(简称HMMM-55)、促进剂TBBS-80和MBTS-75、氧化锌-80、氧化镁-80和硫化剂S-80, 山东阳谷华泰化工有限公司产品; 镀锌钢丝帘线, 中国贝尔卡特帘线有限公司产品; 其他材料均为橡胶工业常用原材料。

1.2 主要设备和仪器

XSM-1/10~120型密炼机, 上海科创橡塑机械设备有限公司产品; XK-160型开炼机, 大连诚

作者简介: 赵之朋(1983—), 男, 山东阳谷人, 山东阳谷华泰化工股份有限公司工程师, 学士, 主要从事橡胶助剂应用技术研究工作。

E-mail: zzp18863000515@163.com

信橡塑机械有限公司产品;HS-100T-RTMO型平板硫化机,佳鑫电子设备科技(深圳)有限公司产品;MV2000型门尼粘度仪和MDR2000型无转子硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;GT-7017-M型老化试验箱,高特威尔检测仪器(青岛)有限公司产品;3365型万能电子拉力试验机,美国英斯特朗公司产品;钢丝帘线动态粘合试验机,北京万汇一方科技发展有限公司产品。

1.3 配方

芯胶基本配方如表1所示。

表1 芯胶基本配方 份

组 分	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
NR	20	20	20
CR	50	50	50
BR	30	30	30
炭黑N330	20	20	20
白炭黑	15	15	15
氧化锌-80	6	6	6
氧化镁-80	5	5	5
硬脂酸	1	1	1
防老剂4010	1	1	1
防老剂BLE	1.5	1.5	1.5
三氧化二锑	5	5	5
氯化石蜡70 [#]	20	20	20
硼酸锌	10	10	10
氢氧化铝	10	10	10
硼酰化钴	2.5	0.8	0.8
粘合树脂R-80	0	2	0
粘合树脂HT1005	0	0	1.5
HMMM-55	5.9	5.9	5.9
促进剂MBTS-75	1.5	1.5	1.5
促进剂TBBS-80	1	1	1
硫化剂S-80	2	2	2

1.4 试样制备

胶料采用3段炼胶工艺,一段和二段混炼在密炼机中进行,三段混炼在开炼机上进行。一段混炼工艺:NR→炭黑N330、白炭黑和小料,共混炼275 s(转子转速为40 r·min⁻¹)→排胶,温度为(150±3)℃。二段混炼工艺:一段混炼胶混炼180 s(转子转速为40 r·min⁻¹)→排胶,温度为(125±3)℃。三段混炼工艺:在二段混炼胶中添加粘合树脂、HMMM-55以及促进剂MBTS-75和TBBS-80、硫化剂S-80,混炼均匀,下片。

停放后测试胶料的硫化特性,用平板硫化机

硫化,硫化条件为150℃×20 min。试样停放16 h后进行性能测试。

1.5 性能测试

胶料各项性能测试均按相应国家标准或企业标准进行。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

不同粘合树脂对胶料门尼粘度和硫化特性(150℃)的影响如表2所示。

表2 不同粘合树脂对胶料门尼粘度和硫化特性的影响

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	45	44	44
门尼焦烧时间 t_5 (127℃)/min	14.2	14.6	15.2
硫化仪数据(150℃)			
$F_{\max}-F_L$ (dN·m)	36.13	38.96	37.10
t_{10} /min	3.42	3.47	3.52
t_{90} /min	14.25	15.02	15.11

从表2可以看出:与加入纯钴盐的胶料相比,加入粘合树脂的胶料门尼粘度降低,加工性能较好;加入粘合树脂R-80的胶料 $F_{\max}-F_L$ 最高,与粘合树脂R-80反应活性高、橡胶内分子交联和缠结强有关;加入纯钴盐胶料的 t_5 最短,胶料的加工安全性较差,相比之下,加入粘合树脂HT1005的胶料 t_5 最长,加工安全性较好。

由于钢丝绳内部缝隙较多,钢丝绳与胶料的粘合性能除了受粘合界面强度影响外,很大程度上取决于胶料在钢丝绳缝隙间的流动渗透性能,胶料流动性越好、焦烧时间越长,胶料越能充分地在钢丝绳缝隙中渗透和包覆,从而提供更好的粘合性能。

2.2 物理性能

硫化胶的物理性能见表3。

表3 硫化胶的物理性能

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
邵尔A型硬度/度	74	75	75
100%定伸应力/MPa	4.42	4.87	5.02
300%定伸应力/MPa	17.80	18.21	19.02
拉伸强度/MPa	22.4	23.2	23.8
拉断伸长率/%	385	372	363

从表3可以看出:加入粘合树脂HT1005的硫化胶具有最高的定伸应力及拉伸强度;纯钴盐胶料定伸应力最低、拉断伸长率较高。

2.3 芯胶-镀锌钢丝绳粘合性能

2.3.1 静态粘合性能

芯胶-镀锌钢丝绳的静态粘合性能见表4。

表4 芯胶-镀锌钢丝绳的静态粘合性能

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
老化前静态粘合强度/(kN·m ⁻¹)	140	146	136
老化 ¹⁾ 后静态粘合强度/(kN·m ⁻¹)	96	105	102
粘合强度保持率/%	68.6	71.9	75.0

注:1) 老化条件为100℃×96 h。

从表4可以看出:加入粘合树脂R-80的胶料老化前静态粘合强度最大,加入粘合树脂HT1005的胶料老化前粘合强度最小;添加粘合树脂的胶料老化后粘合强度保持率较高,尤其是添加粘合树脂HT1005效果更明显。

静态粘合试验后抽出钢丝表面附着有厚橡胶层。

2.3.2 动态粘合性能

动态粘合性能测试^[13]条件为:疲劳振幅 2.0 mm,频率 30 Hz,温度 80℃,时间 120 min。

芯胶-镀锌钢丝绳试样动态粘合试验后沿钢丝绳轴面切开,可以看到钢丝表面有大量镀层裸露,另有少量橡胶附着,无厚橡胶层,钢丝表面形貌与静态粘合试验钢丝表面形貌差别很大,可以看出动态粘合试验的破坏层为钢丝绳与胶料之间的粘合层,由此推断动态粘合试验获得的破坏强度更能表征粘合层的真实强度。

芯胶-镀锌钢丝绳的动态粘合性能见表5。

表5 芯胶/镀锌钢丝绳的动态粘合性能 kN·m⁻¹

项 目	配方编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
老化 ¹⁾ 后静态粘合强度	96	105	102
老化 ¹⁾ 后动态粘合强度	84	92	94

注:同表4。

从表5可以看出,加入粘合树脂HT1005的胶料老化后动态粘合强度最大,加入粘合树脂R-80的胶料次之,纯钴盐胶料最小,老化后动态粘合强度与老化后静态粘合强度并不一致。这是因为静

态抽出破坏的是橡胶基体,其测试结果与橡胶基体的强度相关,而动态抽出破坏的是橡胶-钢丝绳粘合层,其测试结果为粘合层破坏强度,可以更准确地反映粘合树脂与钴盐并用时的增粘效果。同时,静态粘合与动态粘合试验得出不同的结果,这可能是由于极性的粘合树脂在非极性的NR基体中会向钢丝绳表面迁移,形成钢丝绳周围的树脂富集层,造成镀锌钢丝绳周围胶料强度与橡胶基体强度不一致。

3 结论

(1) 加入粘合树脂后,芯胶的焦烧时间和胶料在钢丝绳中的渗透时间延长,胶料粘合强度保持率更高,输送带安全性提高。

(2) 胶料交联密度、硫化速度及定伸应力的差异可以通过调整配方组分(如炭黑、亚甲基给予体、硫化剂和促进剂等)用量进行改善。

(3) 静态粘合强度与橡胶基体的强度有关,而与粘合层强度相关性较小。动态粘合试验破坏的是橡胶-钢丝绳粘合层,其测试结果为粘合层破坏强度,可以更准确地反映粘合树脂与钴盐并用时的增粘效果。

(4) 在钢丝绳芯输送带芯胶中加入粘合树脂HT1005较加入粘合树脂R-80的优势明显,可以有效解决间苯二酚升华冒烟的问题,消除对工人健康和环境造成的危害。综合而言,在阻燃输送带钢丝绳芯胶中应用粘合树脂HT1005效果更优。

参考文献:

- [1] 全国带轮与带标准化技术委员会输送带分技术委员会. 钢丝绳芯输送带 第1部分:普通用途输送带的设计、尺寸和机械要求:GB/T 28267.1—2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
- [2] 王帮庆. 港口用钢丝绳芯输送带的覆盖胶耐磨性配方设计研究[J]. 山西化工,2018,38(1):21-22,28.
- [3] 孙桂美,汪光亮,黄孝庭. 耐磨阻燃钢丝绳芯输送带覆盖胶的研制[J]. 中国橡胶,2020,36(12):44-48.
- [4] 张立冬. 钢丝绳芯输送带卷切装置设计及研究[D]. 太原:太原理工大学,2021.
- [5] 陆宏. 大型钢丝绳芯输送带更换方法的探索[J]. 矿山机械,2021,49(2):61-62.
- [6] 宋相强,李钊. 钢丝绳芯输送带断带安全风险隐患排查分析及预

- 防[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(1):119-120.
- [7] 陈帅. 耐烧蚀输送带覆盖层橡胶材料的制备与性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2017.
- [8] 杜占虎. 钢丝绳芯输送带芯胶动态黏合体系的研究[J]. 中国橡胶, 2018, 34(12):52-55.
- [9] 姚小平, 刘勋, 王艳领. 环氧/聚磷酸铵/二氧化锶复合树脂的制备与阻燃性能研究[J]. 塑料科技, 2021, 49(10):41-45.
- [10] 王佳莉. 天然橡胶与钢丝绳线的粘合及微观结构研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2017.
- [11] 李伟, 王心满. 镍盐粘合增进剂的合成、应用与发展前景[C]. “万力杯”第20届中国轮胎技术研讨会论文集. 北京: 中国化工学会橡胶专业委员会, 2018:330.
- [12] 胡世献. STS7500阻燃钢丝绳芯输送带[Z]. 安庆: 安徽欧耐橡塑工业有限公司, 2017.
- [13] 全国带轮与带标准化技术委员会输送带分技术委员会. 钢丝绳芯输送带 绳与包覆胶粘合试验 原始状态下和热老化后试验: GB/T 5755—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.

收稿日期: 2022-07-14

Application of Adhesive Resin in Compound of Flame Retardant Steel Cord Conveyor Belt

ZHAO Zhipeng^{1,2}, YU Zhengzhou^{1,2}, GUO Hu^{1,2}, LIU Yushuai^{1,2}, HE Yan³

(1. Shandong Yanggu Huatai Chemical Co., Ltd, Yanggu 252300, China; 2. National Research Center of Rubber Additives Engineering Technology, Yanggu 252300, China; 3. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry Co., Ltd, Beijing 100143, China)

Abstract: The application of adhesive resin in compound of flame retardant steel cord conveyor belt was studied. The results showed that, after adding adhesive resin, the scorch time of the steel cord compound and the penetration time of the compound in steel cord were prolonged, the retention rate of adhesive strength was higher and the safety of conveyor belt was improved. The static adhesive strength was related to the strength of the rubber matrix. The dynamic adhesive strength was the failure strength of the adhesive layer between the rubber compound and steel cord, which could more accurately reflect the tackifying effect of the combined use of the adhesive resin and cobalt salt. It was found that the application effect of the adhesive resin HT1005 in the compound of flame retardant steel cord conveyor belt was good.

Key words: adhesive resin; flame retardant steel cord conveyor belt; cobalt salt

《充气轮胎轮辋实心轮胎技术规范》等新制修订国家标准即将实施

日前, 国家市场监督管理总局(国家标准化管

理委员会)发布2022年第13号公告, 批准708项推荐性国家标准。其中《充气轮胎轮辋实心轮胎技术规范》等橡胶行业相关国家标准见表1。

表1 8项橡胶行业新制修订国家标准

标准编号	标准名称	代替标准号	实施日期
GB/T 10824—2022	充气轮胎轮辋实心轮胎技术规范	GB/T 10824—2008	2023年5月1日
GB/T 23661—2022	建筑用橡胶结构密封垫	GB/T 23661—2009	2023年5月1日
GB/T 23662—2022	混凝土路段伸缩缝用橡胶密封件	GB/T 23662—2009	2023年5月1日
GB/T 24135—2022	橡胶或塑料涂覆织物 加速老化试验	GB/T 24135—2009	2022年10月12日
GB/T 24797.2—2022	橡胶包装用薄膜 第2部分: 天然橡胶	GB/T 24797.2—2014	2023年5月1日
GB/T 3452.5—2022	液压气动用O形橡胶密封圈 第5部分: 弹性体材料规范		2022年10月12日

(本刊编辑部)

欢迎关注微信公众号“橡胶工业传媒”
免费在线阅读最新6期电子刊