

短纤维-橡胶复合材料在输送带中的应用

马培瑜

(青岛橡胶工业研究所 266002)

于全田 陈克福 刘曾江 宋连臻 孙美霞

(青岛华海环保工业有限公司 266400)

孟宪德

(青岛化工学院 266042)

摘要 介绍了以不连续的聚酯短纤维群为骨架材料, NR/SBR 为基质胶的定向短纤维-橡胶复合材料(OSFRC)在输送带中的应用。结果表明, OSFRC 输送带与棉帆布芯输送带相比, 使用寿命提高 1 倍, 带体综合物理性能好, 在应力作用下不脱层, 无受潮霉烂现象, 输送平稳且不打滑, 适宜在苛刻条件下使用。

关键词 聚酯短纤维, 短纤维-橡胶复合材料, 输送带

目前, 我国棉帆布芯输送带的生产成本较高, 结构设计不合理且生产工艺较落后。定向短纤维-橡胶复合材料(OSFRC)具有强度高、形变小、耐撕裂、抗冲击和尺寸稳定等特点, 在输送带中应用可以提高输送带的物理性能, 简化生产工艺, 降低原材料成本, 减小输送带质量和提高使用寿命。为此, 我们开展了聚酯短纤维与 NR/SBR 复合材料在输送带中的应用研究, 现将具体情况介绍如下。

1 实验

1.1 主要原材料

NR, 3[#]烟胶片, 海南产品; SBR1502, 齐鲁石化公司产品; 聚酯短纤维, 牌号为 503, 青岛中达化纤公司产品; 其它配合剂均为橡胶工业常用产品。

1.2 试验仪器及设备

体视显微镜, XTL 型, 北京泰克仪器有限公司产品; 电子拉力试验机, DXLL型, 上

海试验机械厂产品; 橡胶硫化仪, JSR 型, 日本今中株式会社产品; 橡胶密炼机, X(S) M35 型, 大连橡胶塑料机械厂产品; 平板硫化机, 1 500×10 000, 无锡机床厂产品; 定向装置, H-7, 自制。

1.3 OSFRC 带芯基本配方

OSFRC 带芯基本配方为: NR 70; SBR 30; 聚酯短纤维 10~80; 氧化锌 5; 硬脂酸 1.5; 炭黑 35; 分散剂 12.5; 防老剂 3; 促进剂 2; 硫黄 2.5; 粘合体系 16.5。硫化条件为 151℃×15 min。

1.4 输送带生产工艺流程

彩色 OSFRC 输送带的生产工艺流程如图 1 所示。

1.5 测试标准

OSFRC 拉伸性能试验执行 GB 528—92; 撕裂性能试验执行 GB 529—91; 输送带用 OSFRC 物理性能和产品全厚度拉伸性能执行 Q/02 QHH 002—95《定向短纤维弹性体复合材料输送带企业标准》; 产品尺寸偏差执行 GB 4490—86; 产品外观质量执行 GB 526—89。

作者简介 马培瑜, 男, 40 岁。高级工程师。主要从事橡胶、塑料和纤维等工程材料的应用研究工作。已发表论文 30 余篇。

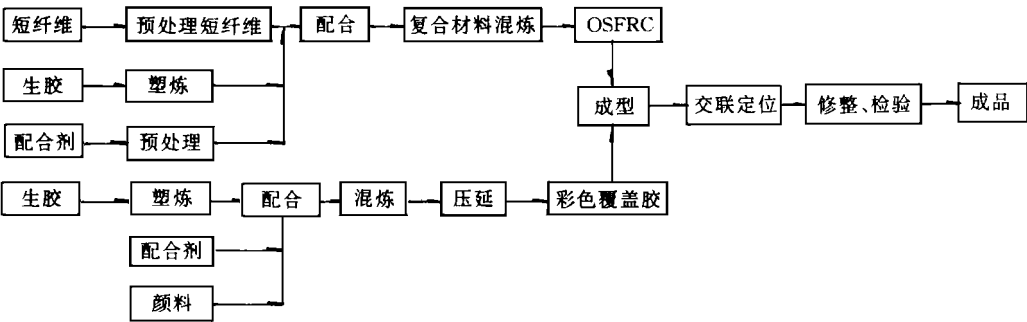


图 1 彩色 OSFRC 输送带生产工艺流程图

2 结果与讨论

2.1 产品结构特点

彩色 OSFRC 输送带由 OSFRC 带芯和彩色覆盖胶层组成，其结构见图 2。

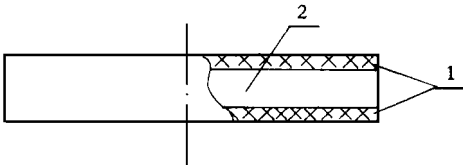


图 2 彩色 OSFRC 输送带结构示意图

1—彩色覆盖胶层；2—OSFRC 带芯

与普通织物芯输送带相比，彩色 OSFRC 输送带具有以下特点：

(1)不连续的短纤维群在橡胶基质中按输送带的力学性能要求进行三维有规取向，可使输送带具有低形变、高模量、抗冲击和耐撕裂等性能；

(2)短纤维群与橡胶基质通过化学交联形成了整体，因而在受应力的过程中，即使有少量的短纤维断裂也不会影响输送带的强度；

(3)OSFRC 输送带无脱层及受潮霉烂现象，尺寸稳定，适宜在较苛刻条件下使用；

(4)OSFRC 输送带的生产工艺大大简化，易于连续化和自动化生产。

2.2 短纤维对 OSFRC 性能的影响

2.2.1 短纤维形状因子的影响

短纤维形状因子是指纤维长度与其平均

直径的比值，它是直接影响 OSFRC 性能的重要因素之一。聚酯短纤维形状因子对 OSFRC 性能的影响见表 1。

表 1 聚酯短纤维形状因子对 OSFRC 性能的影响

形状因子	拉伸强度/ MPa	撕裂强度/ (kN·m ⁻¹)	回弹值/ %	邵尔 A 型 硬度/度
100	16.5	42	28	88
150	18.7	53	28	87
200	27.6	87	28	86
250	27.9	82	28	86
300	28.4	83	27	85
350	20.6	71	27	85
400	19.2	69	27	84

试验结果表明，短纤维形状因子过小，补强效果不好；形状因子过大，会使 OSFRC 加工困难且物理性能下降。

2.2.2 短纤维在橡胶中的聚集态结构

短纤维在橡胶基质中的聚集态结构是指短纤维在橡胶基质中的分散状态、取向和定位，它可使 OSFRC 在力学上呈现各向异性，见表 2 和 3。

表 2 聚酯短纤维有规取向对 OSFRC 物理性能的影响

β/rad	拉伸强度/ MPa	撕裂强度/ (kN·m ⁻¹)	回弹值/ %	邵尔 A 型 硬度/度
0	36.4	132	27	81
$\pi/8$	24.6	111	27	81
$\pi/4$	18.2	73	27	81
$3\pi/8$	15.8	56	27	81
$\pi/2$	13.2	42	27	81

注： β 为短纤维取向方向与测试方向的夹角。

表 3 聚酯短纤维取向与分散对

OSFRC 物理性能的影响

性 能	无规取向	分散不均	有规取向
拉伸强度/MPa	16.3	11.2	27.0
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	59	33	81
邵尔 A 型硬度/度	83	84	84
回弹值/%	29	30	30
扯断永久变形/%	12	17	4

从表 2 可以看出,在 $\beta \approx 0$ rad 时,OSFRC 的基本物理性能最好;在 $\beta \approx \pi/2$ rad 时,其物理性能较差。从表 3 可以看出,短纤维在橡胶基质中分散不均或无规排列均会降低补强和改性效果。

2.2.3 短纤维体积分数的影响

短纤维体积分数对 OSFRC 物理性能的影响见表 4。

表 4 聚酯短纤维体积分数对

OSFRC 物理性能的影响

体积分 数/ %	拉伸 强度/ MPa	撕裂 强度/ (kN·m ⁻¹)	扯断永 久变形/ %	扯断伸 长率/ %	邵尔 A 型硬度/ 度
0	19.2	26	17	450	60
10	13.6	32	12	210	64
20	17.8	48	9	120	71
30	19.7	64	6	84	80
40	23.0	87	4	65	84
50	24.1	92	4	62	88
60	23.5	85	3.5	60	89
70	16.1	89	3.5	—	91
80	14.4	121	3.4	—	93

从表 4 可以看出,在其它影响因素恒定的条件下,聚酯短纤维体积分数为 40%~60%时,OSFRC 综合物理性能较好。

2.2.4 短纤维与基质间的粘合

为提高短纤维对橡胶的补强效果,要求短纤维与橡胶之间浸润性良好且具有较高的粘合强度。为此须对短纤维进行预处理,聚酯短纤维的粘合预处理体系为 PR[2,6-双(2,4-二羟基苯甲基)-4-氯苯酚]/AS-88(以亚甲基胺为母体的甲醛给予体与卡碳链烷基苯类物质反应生成的化合物)。聚酯短纤维的预处理对 OSFRC 物理性能的影响如表 5

所示。

表 5 聚酯短纤维的预处理对

OSFRC 物理性能的影响

	短纤维	拉伸强度/MPa	撕裂强度/(kN·m ⁻¹)
未处理		14.2	55
预处理		27.8	76

从表 5 可以看出,短纤维使用前必须经过粘合体系的预处理,这样在机械应力的作用下,有少量短纤维断裂也不会影响 OSFRC 的强度。

2.3 OSFRC 的制备工艺特点

制备高性能的 OSFRC,关键要在生产操作过程中尽量减少短纤维的损伤,并且要使短纤维在橡胶基质中分散均匀和有规取向。

延长混炼时间虽有利于短纤维在橡胶基质中的分散,但耗能也相对提高,导致加工成本上升。混炼温度过低,会使 OSFRC 应力松弛过程缓慢,破坏短纤维的形状因子;而温度过高,会使 OSFRC 产生粘辊现象,影响正常加工。

因此,若用密炼机混炼,可采用功率积分仪控制 OSFRC 的质量;若用开炼机混炼,一般辊温为 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$,时间为 20 min 比较适宜。

OSFRC 中短纤维的定位是采用加热交联方法实现的,无特殊的要求。由于 OSFRC 未交联之前强度高、挺性好,因而很适宜大批量连续生产大长度制品。

2.4 OSFRC 及输送带物理性能和定点试验结果

OSFRC 及输送带物理性能见表 6。

OSFRC 输送带经定点(输送砂、石、混凝土、煤、化肥、化工原料、生胶块等)测试,结果表明:①OSFRC 输送带具有良好的抗冲击、耐撕裂和抗龟裂性能,使用寿命提高 1 倍;②带体综合物理性能良好,质量减小 10%,无脱层和受潮霉烂现象;③输送平稳,不打滑,适宜在较苛刻条件下使用。

表 6 OSFRC 及输送带物理性能

物理性能	检测结果	合同指标
拉伸强度/MPa	L 向为 36	L 向≥22
	T 向为 17	T 向≥10
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	L 向为 75	L 向≥40
	T 向为 120	T 向≥80
热空气老化后(70℃×72 h)		
拉伸强度变化率/%	10	-25~25
撕裂强度变化率/%	17	-25~25
全厚度拉伸强度/(kN·m ⁻¹)		
厚度为 8 mm	253	≥200
厚度为 6 mm	198	≥160
厚度为 4 mm	118	≥100
外观质量	正常	目测正常

注: L 表示 β 为 0 rad, T 表示 β 为 $\pi/2$ rad。

2.5 经济效益分析

OSFRC 输送带与棉帆布芯输送带相比, 原材料成本下降 28.4%, 动力成本下降 10.2%, 管理成本下降 9.6%, 工厂成本下降 22.9%, 经济效益显著, 见表 7。

表 7 输送带成本比较 元·m⁻²

项 目	OSFRC 输送带	棉帆布芯输送带
原材料	15.55	21.74
动力	1.32	1.47
企业管理	6.93	7.67
工厂成本	23.8	30.88

注: 按 1995 年度青岛地区平均价格计算。

3 结 论

(1)OSFRC 输送带与普通织物芯输送带相比, 技术性能优异, 经济效益显著。

(2)OSFRC 输送带在各种不同的条件下使用, 具有良好的抗冲击和耐撕裂性能, 完全可以在一定范围内替代普通织物芯输送带。

致谢 黄应昌教授、李锦贤高级工程师、邹丽娟工程师对本研究工作给予了很大的帮助, 在此表示感谢。

收稿日期 1997-04-21

Application of Short Fibre-rubber Composite to Conveyor Belt

Ma Peiyu

(Qingdao Institute of Rubber Industry 266002)

Yu Quantian, Chen Kefu, Liu Zengjiang, Song Lianzhen and Sun Meixia

(Qingdao Huahai Environment Protection Industry Company 266400)

Meng Xiande

(Qingdao Institute of Chemical Technology 266042)

Abstract A study was made on the application of oriented polyester short fibre-NR/SBR composite(OSFRC) to the conveyor belt. The results showed that the OSFRC conveyor belt possessed a lot of advantages, such as 100% higher service life, better comprehensive physical properties, less seperation under stress, more resistant to moisture, mildew and rot, smoother running without sliding, and more suitable for sever service conditions.

Keywords polyester short fibre, short fibre-rubber composite, conveyor belt

大陆公司在华建立合资公司
美国《橡胶和塑料新闻》1997 年 1 月 6 日第 6 页报道:
大陆公司与中国两家橡胶制品厂签订了合资的合作协议, 加强了该公司在中国的地位。
该公司最近与天津大港 Peng Ling 公司

组建了生产胶管接头的合资企业, 与长春橡胶制品厂签订了提供生产挤出橡胶制品技术的协议。另外, 还与生产汽车传动带的无锡橡胶公司讨论了建立第 3 家合资公司的事宜。长春和无锡厂都是德国大众汽车公司在中国合资企业的配套厂。
(涂学忠摘译)