

纸管高速平带强力层和覆盖胶配方的优化

刘士铎¹, 陈云²

(1. 河北辛集金昊橡胶有限公司, 河北 辛集 052360; 2. 江苏省丹阳市贝尔特橡塑制品有限公司, 江苏 丹阳 212353)

摘要:对纸管高速平带强力层和覆盖胶配方进行优化。结果表明, 纸管高速平带强力层采用高模量低收缩聚酯钢化棕丝替代普通聚酯线绳, 覆盖胶主体材料采用天然橡胶/丁苯橡胶/顺丁橡胶并用(并用比为50/20/30), 补强体系采用白炭黑/补强剂JC-069/硅粉B-66并用, 粘合体系中减小古马隆用量及添加动态粘合剂LP-600和增粘树脂502, 添加助硫化体系(苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680并用体系)、耐疲劳体系(耐疲劳剂HG-90/抗撕裂树脂HR-801并用体系)和耐磨剂JTH-315, 覆盖胶耐疲劳性能和耐磨性能提高, 生热降低, 平带线绳和帆布粘合性能改善, 平带使用寿命超过进口产品。

关键词:纸管高速平带; 高模量低收缩聚酯钢化棕丝; 覆盖胶; 配方优化; 粘合性能; 使用寿命

中图分类号: TQ336.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-5448(2017)02-33-04

纸管高速平带内有排列整齐的聚酯线绳, 外包浅黄色浸胶帆布, 是V带和平带的结合体, 主要应用于纸管制造设备。进口纸管高速平带的使用寿命一般为30 d, 国产纸管高速平带使用寿命一般为20 d左右。纸管高速平带在使用过程中生热高, 屈挠频率高, 帆布和聚酯线绳易脱层或磨损, 造成平带早期损坏, 使用寿命缩短, 甚至带里的黑胶暴露出来, 导致纸管被污染而不合格。

为了延长国产纸管高速平带的使用寿命, 本工作对纸管高速平带的强力层和覆盖胶配方进行了优化, 产品使用寿命延长, 超过了进口产品水平。

1 实验

1.1 主要原材料

高模量低收缩聚酯钢化棕丝, 山东威海天乘华轮特种带芯有限公司产品; 补强剂JC-069, 江苏玖川纳米科技有限公司产品; 抗硫化返原剂TDB680、硅粉B-66、动态粘合剂LP-600和增粘树脂502, 安徽阜阳利普化工有限公司产品; 耐磨剂JTH-315, 浙江衢州万能达科技有限公司产品。

1.2 主要仪器和设备

MDR-2000型无转子硫化仪, 上海德杰仪器有

限公司产品; AI-7000M型电子拉力机, 中国台湾高铁科技股份有限公司产品; WML-76型阿克隆磨耗试验机和WPL-100型橡胶疲劳龟裂试验机, 扬州天发试验机械有限公司产品。

1.3 试样制备

胶料混炼均匀并停放后使用。聚酯线绳浸渍胶浆后缠绕, 切割成带坯, 上覆盖胶和帆布, 硫化制成纸管高速平带成品。

1.4 性能测试

线绳粘合强度测试按GB/T 3688—1998《V带线绳粘合强度试验方法》进行, 帆布粘合强度测试按GB/T 532—2008《硫化橡胶与织物粘合强度的测定》进行, 硫化胶物理性能测试按GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变的测定》进行, 硫化胶耐老化性能测试按GB/T 3512—2001《硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验》进行, 硫化胶耐磨性能测试按GB/T 1689—2014《硫化橡胶耐磨性能的测定(用阿克隆磨耗机)》进行, 硫化胶耐屈挠龟裂性能测试按GB/T 13934—2006《硫化橡胶或热塑性橡胶 屈挠龟裂和裂口增长的测定(德墨西亚型)》进行, 温升测试按GB/T 1687—1993《硫化橡胶在屈挠试验中温升和耐疲劳性能的测定 第2部分: 压缩屈挠试验》进行, 其他性能测试按相应国家标准进行。

作者简介: 刘士铎(1964—), 男, 河北辛集人, 河北辛集金昊橡胶有限公司高级工程师, 学士, 主要从事配方设计、工艺管理和产品测试工作。

2 结果与讨论

2.1 强力层优化

国产纸管高速平带强力层骨架材料一般采用聚酯线绳。聚酯线绳分为硬聚酯线绳、软聚酯线绳(普通聚酯线绳和高模量低收缩聚酯线绳)、高模量低收缩聚酯钢化棕丝。由于硬聚酯线绳成本高,一般普通平带采用成本较低的普通聚酯线绳作骨架材料。高模量低收缩聚酯钢化棕丝是新型输送带用骨架材料,其模量高,定负荷伸长率和热收缩率小,与橡胶的粘合性能好,用作输送带强力层骨架材料,可以提高输送带的动态粘合性能和耐疲劳性能。

高模量低收缩聚酯钢化棕丝与聚酯线绳的物理性能对比如表1所示。从表1可以看出:与普通聚酯线绳相比,高模量低收缩聚酯钢化棕丝的断裂强力较低,但其直径小,可以通过增加缠绕钢化棕丝根数达到与聚酯线绳相当的断裂强力;高模量低收缩聚酯钢化棕丝的显著特点是断裂伸长率和定负荷伸长率小,粘合强度特别高,适用作纸管高速平带强力层骨架材料。

表1 高模量低收缩聚酯钢化棕丝与聚酯线绳的物理性能对比

项 目	高模量低收缩 聚酯钢化棕丝	聚酯线绳	
		1100dtex/3×3	1100dtex/5×3
直径/mm	1.15	1.20	1.55
单位质量/(g·m ⁻¹)	1.15	1.08	1.86
断裂强力/N	635	684	1 080
断裂伸长率/%	10.3	11.2	11.9
200 N定负荷 伸长率/%	2.3	2.6	2.8
粘合强度/ (kN·m ⁻¹)	38.5	20.7	28.5

2.2 覆盖胶配方优化

2.2.1 主体材料

纸管高速平带胶料分为强力层覆盖胶和浸布胶,浸布胶配方是在覆盖胶配方基础上调整得到,因此本工作只讨论强力层覆盖胶配方的优化。原来纸管高速平带覆盖胶的主体材料是天然橡胶(NR)/丁苯橡胶(SBR)并用体系。为了降低平带生热,提高平带的耐磨性能和粘合性能,延长使用寿命,本研究平带覆盖胶采用NR/SBR/顺丁橡胶(BR)并用体系作为主体材料。BR对工艺性能的不利影响通过添加橡胶助剂解决。

主体材料对覆盖胶及平带性能的影响如表2所

表2 主体材料对覆盖胶及平带性能的影响

项 目	NR/SBR/BR并 用体系(并用比 为50/20/30)	NR/SBR并用 体系(并用比 为60/40)
硫化胶(150℃×12 min)性能		
阿克隆磨耗量/cm ³	0.51	0.56
平带性能		
帆布粘合强度/(kN·m ⁻¹)	3.23	2.81
使用寿命/d	25	19

注:覆盖胶配方其余组分和用量为白炭黑/硅粉/陶土 102,氧化锌/硬脂酸 9,防老剂 4.5,古马隆/松节油 10,硫黄 2,促进剂DM 1,促进剂CZ 2。

示。从表2可以看出,主体材料采用NR/SBR/BR并用体系(并用比为50/20/30)后,覆盖胶的耐磨性能提高,平带的帆布粘合性能改善,使用寿命明显延长。

2.2.2 助硫化体系

为了提高覆盖胶模量稳定性,改善高模量低收缩聚酯钢化棕丝的动态粘合性能,本研究平带覆盖胶采用耐疲劳硫化体系(硫黄/促进剂DM/促进剂CZ体系),另外添加助硫化体系,即加入适量的具有抗硫化返原作用的苯甲酸、偶联剂Si69和抗硫化返原剂TDB680。苯甲酸可以延长胶料焦烧时间,提高胶料与线绳和帆布的粘合性能,且有一定的抗硫化返原作用。苯甲酸与偶联剂Si69和抗硫化返原剂TDB680配合使用具有良好的效果。

助硫化体系对覆盖胶及平带性能的影响如表3所示。从表3可以看出,添加苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680助硫化体系后,覆盖胶的

表3 助硫化体系对覆盖胶及平带性能的影响

项 目	苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原 剂TDB680并用体系用量/份	
	0	5
硫化仪数据(150℃)		
t_{10}/min	2.32	2.86
t_{90}/min	11.23	10.86
硫化胶(150℃×12 min)性能		
邵尔A型硬度/度	71	72
拉伸强度/MPa	12.6	14.3
拉断伸长率/%	368	342
平带性能		
线绳粘合强度/(kN·m ⁻¹)	32	39
帆布粘合强度/(kN·m ⁻¹)	3.03	3.16
使用寿命/d	25	28

注:覆盖胶配方其余组分和用量为NR/SBR/BR 50/20/30,白炭黑/硅粉/陶土 102,氧化锌/硬脂酸 9,防老剂 4.5,古马隆/松节油 10,硫黄 2,促进剂DM 1,促进剂CZ 2。

t_{10} 延长, t_{90} 缩短,平带的线绳粘合强度和帆布粘合强度提高,使用寿命明显延长。

2.2.3 粘合体系

纸管高速平带采用浸胶帆布,原覆盖胶中粘合剂古马隆和松节油的软化点较低,胶料动态粘合性能不佳,耐老化性能差。平带在高速运转过程中生热高,如果胶料动态粘合性能差,会导致帆布脱层,直接影响平带使用寿命,且平带里的黑胶暴露出来会污染浅色纸管,造成纸管产品不合格。

为了改善平带的动态粘合性能,本研究覆盖胶的古马隆树脂用量减小,不采用松节油,添加动态粘合剂LP-600和增粘树脂502。动态粘合剂LP-600是活性酚醛树脂和抗硫化返原剂的络合物,其主要作用是提高胶料动态粘合性能、抗硫化返原性能和耐屈挠疲劳性能。增粘树脂502软化点高,有利于提高胶料与帆布和线绳的动态粘合性能,适用于动态粘合性能要求比较高的橡胶制品。

粘合体系对覆盖胶及平带性能的影响如表4所示。从表4可以看出,调整粘合体系,平带成型工艺性能改善,帆布粘合强度提高,平带质量提升,使用寿命延长。

表4 粘合体系对覆盖胶及平带性能的影响

项 目	粘合体系	
	古马隆/松节油 (10份)	古马隆/动态粘合剂 LP-600/增粘树脂502 (12份)
成型工艺性能	差	好
帆布覆胶量/%	88	96
帆布粘合强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)		
老化前	3.16	3.43
100℃×5 h老化后	2.51	4.19
平带使用寿命/d	27	29
平带损坏形式	帆布脱层	帆布磨损

注:覆盖胶配方其余组分和用量为NR/SBR/BR 50/20/30,白炭黑/硅粉/陶土 102,氧化锌/硬脂酸 9,防老剂 4.5,苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680 5,硫黄 2,促进剂DM 1,促进剂CZ 2。

2.2.4 补强体系和耐疲劳体系

原覆盖胶中补强体系采用白炭黑/硅粉/陶土并用体系,补强效果不佳。本工作覆盖胶补强体系采用白炭黑、补强剂JC-069和补强性能比较好的硅粉B-66并用,并添加耐疲劳体系(耐疲劳剂HG-90和抗撕裂树脂HR-801并用体系),以提高胶料的耐疲劳性能,降低平带运转过程中的生热,保证平带的模量稳定性,提高平带的线绳和帆布

动态粘合性能,延长平带的使用寿命。

补强体系和耐疲劳体系对覆盖胶及平带性能的影响如表5所示。从表5可以看出,与未添加耐疲劳体系的覆盖胶相比,添加耐疲劳体系覆盖胶的耐疲劳性能提高,有利于保持平带线绳和帆布的粘合性能,提高平带的动态粘合性能,延长平带使用寿命。

表5 补强体系和耐疲劳体系对覆盖胶及平带性能的影响

项 目	补强体系和耐疲劳体系	
	白炭黑/硅粉/陶土 ¹⁾	白炭黑/硅粉B-66/补强剂 JC-069/耐疲劳剂HG-90/ 抗撕裂树脂HR-801 ²⁾
硫化仪数据(150℃)		
t_{10}/min	2.89	2.87
t_{90}/min	10.92	10.56
硫化胶(150℃×12 min)性能		
邵尔A型硬度/度	74	73
拉伸强度/MPa	14.6	14.7
拉伸伸长率/%	350	331
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	40	42
龟裂屈挠次数×10 ⁻⁴	1.9	2.2
平带性能		
线绳粘合强度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	42	46
帆布粘合强度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	3.16	3.28
使用寿命/d	29	35

注:覆盖胶配方其余组分和用量为NR/SBR/BR 50/20/30,氧化锌/硬脂酸 9,防老剂 4.5,古马隆/动态粘合剂LP-600/增粘树脂502 12,苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680 5,硫黄 2,促进剂DM 1,促进剂CZ 2。1)用量为105份;2)用量为89份。

2.2.5 耐磨剂

原覆盖胶中没有耐磨剂,平带运转过程中磨损严重,生热高,整体模量降低,对线绳的动态粘合性能极为不利。添加耐磨剂可以提高平带耐磨性能,降低平带在运转过程中的生热,保持平带整体模量,提升平带线绳和帆布的动态粘合性能。

耐磨剂JTH-315是通用型聚四氟乙烯超微粉经特殊工艺加工而成的低相对分子质量微粉,具有优异的热稳定性和耐磨性能,广泛应用于涂料和油墨及橡胶等领域。本研究覆盖胶添加3份耐磨剂JTH-315,考察耐磨剂对覆盖胶及平带性能的影响,结果如表6所示。从表6可以看出,添加3份耐磨剂JTH-315后,覆盖胶的耐磨性能和弹性提高,生热降低,平带使用寿命延长。

表6 耐磨剂对覆盖胶及平带性能的影响

项 目	耐磨剂JTH-315用量/份	
	0	3
硫化仪数据 (150 ℃)		
t_{10}/min	2.87	2.93
t_{90}/min	10.56	10.62
硫化胶 (150 ℃×12 min) 性能		
邵尔A型硬度/度	73	73
拉伸强度/MPa	14.7	14.3
拉断伸长率/%	331	329
回弹值/%	32	35
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.49	0.43
温升/℃	34	31
平带使用寿命/d	35	40

注:覆盖胶配方其余组分和用量为NR/SBR/BR 50/20/30,白炭黑/硅粉B-66/补强剂JC-069/耐疲劳剂HG-90/抗撕裂树脂HR-801 89,氧化锌/硬脂酸 9,防老剂 4.5,古马隆/动态粘合剂LP-600/增粘树脂502 12,苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680 5,硫黄 2,促进剂DM 1,促进剂CZ 2。

2.3 优化配方

纸管高速平带覆盖胶优化配方为:NR/SBR/BR 50/20/30,白炭黑/硅粉B-66/补强剂JC-069/耐疲劳剂HG-90/抗撕裂树脂HR-801 89,耐磨剂JTH-315 3,氧化锌/硬脂酸 9,防老剂 4.5,古马隆/动态粘合剂LP-600/增粘树脂502 12,苯

甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680 5,硫黄 2,促进剂DM 1,促进剂CZ 2。

强力层采用高模量低收缩聚酯钢化棕丝、覆盖胶采用优化配方后,纸管高速平带的动态粘合性能大幅度提升,产品使用寿命延长至40 d,超过进口产品水平。

3 结论

对纸管高速平带强力层和覆盖胶配方进行了优化:强力层骨架材料用高模量低收缩聚酯钢化棕丝替代普通聚酯线绳,覆盖胶主体材料采用NR/SBR/BR并用体系替代NR/SBR并用体系,粘合体系中减小古马隆用量及添加动态粘合剂LP-600和增粘树脂502,补强体系采用白炭黑/补强剂JC-069/硅粉B-66并用体系,添加苯甲酸/偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680助硫化体系、耐疲劳体系(耐疲劳剂HG-90/抗撕裂树脂HR-801并用体系)和耐磨剂JTH-315,提高了覆盖胶的耐疲劳性能和耐磨性能,降低了生热,改善了平带线绳和帆布的粘合性能,平带使用寿命超过进口产品,取得了非常好的效果。

收稿日期:2016-08-30

Formulation Optimization of Compound for High Strength Layer and Cover Layer of High-speed Rubber Flat Belt

LIU Shiduo¹, CHEN Yun²

(1. Hebei Xinji Jinhao Rubber Co., Ltd., Xinji 052360, China; 2. Dayang Belt Rubber & Plastic Product Co., Ltd., Danyang 212353, China)

Abstract: In this study, the formulations for the compounds for high strength layer and cover layer of high-speed rubber flat belt were optimized. For the high strength layer, high-modulus and low-shrinkage pre-stretched polyester monofilament was used to replace ordinary polyester cord. For the cover layer, blend of natural rubber (NR)/styrene butadiene rubber (SBR)/butadiene rubber (BR) blend with the blending ratio of 50/20/30 was used as the matrix material, and silica, reinforcing agent JC-069 and silicon powder B-66 were applied as reinforcement. In the adhesion system the addition level of coumarone resin was reduced and dynamic adhesive additive LP-600 was added. Cure co-agent system of benzoic acid, coupling agent Si69 and anti-reversion agent TDB680 was applied, and anti-fatigue additive system composing of anti-fatigue additive HG-90 and tear resistant additive HR-801 was also added with anti-wear agent JTH-315 as well. With the optimization, the fatigue resistance and abrasion resistance of the cover rubber were improved, heat build-up was reduced and the adhesion between cords and belt compound was improved. It was found that the service life of optimized belt was longer than that of imported products.

Key words: high-speed flat belt; high-modulus low-shrinkage pre-stretched polyester monofilament; cover compound; formulation optimization; adhesion property; service life