

切边V带用新型浸胶芳纶硬绳的研究

于得江,姜伟,姜华,高渭淞

(青岛天邦线业有限公司,山东莱西 266609)

摘要:进行了切边V带用新型浸胶芳纶硬绳的研究。结果表明,与多亚甲基多苯基多异氰酸酯甲苯溶液活化处理的常规浸胶芳纶硬绳相比,活化处理液TCHY-11活化处理的新型浸胶芳纶硬绳解决了切边V带切割面和打磨面的起毛问题,新型浸胶芳纶硬绳的固化程度满足切边V带生产工艺要求,断裂强力保持率高,切边V带产品符合要求。

关键词:切边V带;浸胶芳纶硬绳;活化处理液;固化程度;断裂强力保持率;切割面;打磨面;起毛

中图分类号:TQ336.2;TQ330.38⁺⁹

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2020)07-0514-05

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2020.07.0514



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

切边V带是输送带产品的一个重要种类,广泛应用于汽车、农业机械、工业机械等。切边V带主要由橡胶和增强骨架材料组成。其中,橡胶主要为三元乙丙橡胶(EPDM)和氯丁橡胶等,增强骨架材料主要为浸胶芳纶线绳和浸胶聚酯线绳等^[1-2]。

浸胶芳纶硬绳作为重要的增强骨架材料,在各种类型切边带中有着广泛的应用。目前,国内切边V带的生产方式大部分采用切割/打磨方法,要求V带切割面和打磨面保持较好的平整性、光滑性、无毛刺,对所用骨架材料的固化程度有着较高的要求。

聚酯线绳因较易活化和固化处理,制成的V带在切割和打磨后切割面和打磨面通常符合质量要求,即使有轻微毛刺,经高温熔融处理后即可达标。但芳纶线绳因其化学惰性,常规方法固化处理后,其V带切割面起毛现象明显,且打磨面起毛更为严重。这不仅影响了切边V带外观质量,还会导致其使用过程中带轮与纤维严重摩擦,将纤维抽出,甚至将整根线绳抽出,造成V带传动效率降低、使用寿命缩短^[3-5]。

目前,国内芳纶硬绳多采用多亚甲基多苯基多异氰酸酯(PAPI)溶液作活化处理液,并通过加热处理硬化。该方法只能起到芳纶纤维表层活化和硬化的作用,达不到PAPI与芳纶纤维内在结构的充分结合,不能从根本上解决切边V带切割面

和打磨面的起毛问题,且随着活化和固化程度的提高,芳纶线绳的强力保持率大幅下降。要圆满解决切边V带切割面和打磨面的起毛问题,需要同时解决芳纶线绳活化、固化和强力保持率3个问题^[6-7]。

本工作进行了切边V带用新型浸胶芳纶硬绳的研究。

1 实验

1.1 原材料

1670dtex芳纶丝,牌号K29,美国杜邦公司产品;PAPI,万华化学集团股份有限公司产品;活化处理液TYCH-11(简称TYCH-11)、间苯二酚-甲醛胶乳(RFL)处理液、EPDM粘合增进剂和EPDM混炼胶,自制。

1.2 试验设备和仪器

3615/A型捻线机,意大利LEMA公司产品;BR/24型线绳浸胶机,德国贝宁格公司产品;DCD-3000型成型试验机和DMD-3000型磨削机,苏州易艾克自动化设备有限公司产品;XLB-350×350×1型平板硫化机,青岛汇才机械有限公司产品;3366型拉伸强力试验机,美国英斯特朗公司产品;AGS-5KND型粘合力试验机,日本岛津集团产品;剥离测试用平板硫化模具,自制;TIPSCOPE型电子显微镜,肯维捷斯(武汉)科技有限公司产品。

1.3 试验方法

(1)常规活化处理液的制备。取一定量PAPI,分别制成固形物质量分数为0.05,0.075,0.1,

作者简介:于得江(1984—),男,山东栖霞人,青岛天邦线业有限公司工程师,学士,主要从事浸胶线绳的研发工作。

E-mail:tipont_ydj@163.com

0. 125和0. 15的甲苯溶液,对应其处理的芳纶硬绳样品编号为1[#]—5[#]。

(2) 浸胶芳纶硬绳的制备。取1670dtex芳纶丝,经初捻、复捻加工为1670dtex/2×5 SZ结构的白坯线绳,其断裂强力为2 939 N(企业内控标准要求为不小于2 850 N),断裂伸长率为5. 5%。

将白坯线绳拉伸平整,经过装满活化处理液的槽浸渍,通过烘箱加热使处理液干燥、固化;其后线绳经过装满RFL的槽浸渍,通过烘箱加热干燥;再将线绳经过装满EPDM粘合增进剂的槽浸渍,通过烘箱加热干燥,即得浸胶芳纶硬绳^[8-10]。

1. 4 性能测试

(1) 硬挺度。参照GB/T 33099—2016《浸胶骨架材料硬挺度的测定 三点弯曲法》测试线绳的硬挺度,每一试样测试5个数据。

(2) 拉伸性能。参照GB/T 32108—2015《浸胶线绳、纱线和帘线拉伸性能的试验方法》测试线绳的拉伸性能,每一试样测试5个数据。

(3) 固化程度。取20 cm长样品,将剪刀与线绳呈60°夹角以剪出线绳截面,观察剪切面光滑度,评价标准:光滑、一般、起毛;用刀面轻刮线绳剪切面,观察剪切面起毛程度,评价标准:轻微、一般、严重;将样品分解成初捻结构,观察初捻线固化度,评价标准:良好、一般、较差。

(4) 断裂强力保持率。白坯线绳和浸胶芳纶硬绳的断裂强力保持率(R)按下式计算:

$$R=F_1/F_2$$

式中,F₁为浸渍处理后线绳的断裂强力平均值,F₂为复捻白坯线绳的断裂强力平均值。

2 结果与讨论

2. 1 常规浸胶芳纶硬绳的性能

PAPI与芳纶纤维分子(聚对苯二甲酰对苯二胺)的化学反应式如图1所示。PAPI与聚对苯二甲酰对苯二胺发生加成反应,PAPI一端的异氰酸酯基团接枝到聚对苯二甲酰对苯二胺的酰胺基上,另一端作为反应活性基团保留,从而可以增强活化后的芳纶纤维与RFL的反应能力。PAPI成膜后刚性较大,附着在芳纶纤维表面,形成较高硬度的涂层,有利于增强芳纶纤维的集束性,防止芳纶纤维遭到外力的破坏。但PAPI支链的接入,破坏了

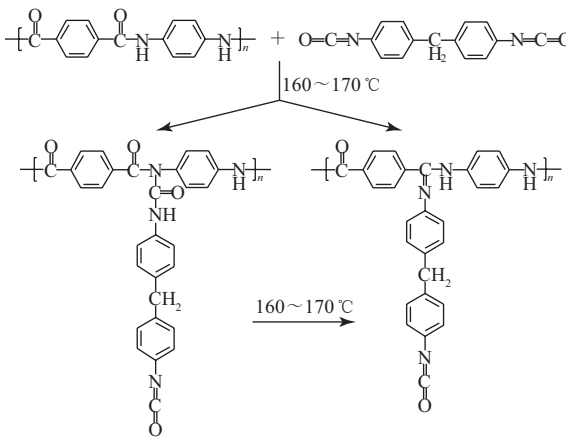


图1 PAPI与聚对苯二甲酰对苯二胺的化学反应式

芳纶纤维原有的线性结构,导致芳纶纤维分子链在拉伸位移过程中相互之间的剪切力增大,降低了芳纶纤维的断裂强力^[11-12]。

为验证PAPI对芳纶硬绳性能的影响,分别用不同质量分数的PAPI溶液作为白坯线绳活化处理液,并在相同工艺条件下制得经RFL和EPDM粘合增进剂浸渍芳纶硬绳,对其断裂强力和硬挺度进行评价。

纤维的交联越紧密,线绳的刚性越强和硬挺度越高,因此将硬挺度作为衡量线绳固化程度的指标之一。PAPI溶液质量分数对1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳断裂强力和硬挺度的影响见表1。

表1 PAPI溶液质量分数对1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳断裂强力和硬挺度的影响

项 目	白坯 线绳	样品编号				
		1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
断裂强力/N						
第1组	2 942	2 585	2 492	2 404	2 331	2 247
第2组	2 931	2 574	2 487	2 399	2 326	2 241
第3组	2 925	2 592	2 498	2 385	2 329	2 252
第4组	2 944	2 604	2 472	2 395	2 337	2 239
第5组	2 956	2 587	2 479	2 389	2 332	2 244
硬挺度/cN						
第1组		201	227	254	285	325
第2组		205	229	251	279	329
第3组		198	226	257	277	318
第4组		196	220	248	287	316
第5组		203	228	249	289	320

由表1可见,随着PAPI溶液质量分数的增大,芳纶纤维在相同时间内接触的参与反应的PAPI增多,浸胶芳纶硬绳的硬挺度明显增大。说明PAPI对提高浸胶芳纶硬绳的固化程度具有一定效果^[13-14]。

由表1还可以看出,随着PAPI溶液质量分数的增大,浸胶芳纶硬绳的断裂强力大幅下降。当PAPI质量分数达到0.15时,浸胶芳纶硬绳断裂强力(平均值)与白坯线绳相比下降了24%,只有2 245 N,已低于行业标准(HG/T 4393—2018《V带和多楔带用浸胶芳纶线绳》)要求。试验证明PAPI溶液质量分数越大,接枝到芳纶纤维分子上的PAPI分子越多,芳纶纤维拉伸时受到的破坏越严重。

2.2 新型浸胶芳纶硬绳的性能

2.2.1 物理性能

芳纶白坯线绳采用我公司自主研发的TYCH-11活化处理,并在与常规处理液相同工艺条件下

制得经RFL和EPDM粘合增进剂浸渍的浸胶芳纶硬绳(6[#]样品)。新型浸胶芳纶硬绳采用TYCH-11活化处理的特点是:利用聚对苯二甲酰对苯二胺上的酰胺基将其分子链进行“横向编织”,形成一个整体,接入的活性剂分子支链不再起到破坏作用,而是将多个芳纶纤维分子捆成一束,增强了纤维和线绳的一体性。新型浸胶芳纶硬绳不会被外力轻易破坏,其切边V带切割面的纤维仍然交联固化为一体;打磨后只有部分受力严重的部位有轻微毛刺^[15]。

各浸胶芳纶硬绳的物理性能检测结果见表2。

从表2可以看出:6[#]样品的断裂强力比1[#]—5[#]

表2 1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳物理性能(平均值)对比

项 目	样品编号						标准要求	测试方法
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]		
断裂强力/N	2 588	2 485	2 394	2 331	2 245	2 844	≥2 475	GB/T 32108—2015
断裂伸长率/%	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.5	≤5.0	GB/T 32108—2015
800 N定负荷伸长率/%	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	≤2.2	GB/T 32108—2015
1%定伸长负荷/N	647	667	671	684	694	713	≥440	GB/T 32108—2015
固化程度								
硬挺度/cN	201	226	252	283	322	509		GB/T 33099—2016
剪切面光滑度	起毛	起毛	一般	一般	光滑	光滑		
剪切面起毛程度	严重	严重	严重	一般	一般	轻微		
初捻固化度	较差	较差	一般	一般	一般	良好		
断裂强力保持率 ¹⁾ /%	88	84	81	79	76	97		

注:1)白坯线绳断裂强力为2 939 N。

样品分别提高10%,14%,19%,22%和27%,表明其可以承受更高的负荷;1%定伸长负荷明显高于其他5个样品,表明其具有更好的尺寸稳定性;硬挺度是其他5个样品的1.5~2.5倍;固化程度明显优于其他5个样品,表明其具有更好的切割和打磨性能;断裂强力保持率分别比1[#]—5[#]样品提高9%,13%,16%,18%和21%。

为判断新型浸胶芳纶硬绳所达到的技术水平,将其与常见的同规格、同捻度浸胶芳纶线绳进行对比,结果见表3。

从表3可以看出:硬挺度由小到大依次为浸胶芳纶软绳、浸胶芳纶半硬绳、普通浸胶芳纶硬绳、新型浸胶芳纶硬绳,新型浸胶芳纶硬绳的硬挺度超过普通浸胶芳纶硬绳的2.5倍;新型浸胶芳纶硬绳的剥离力和剥离附胶率均高于普通浸胶芳纶硬绳;新型浸胶芳纶硬绳的断裂强力和断裂强力保持率均略高于浸胶芳纶软绳水平,远超过普通浸胶芳纶硬

绳。从数据分析来看,新型浸胶芳纶硬绳的静态力学性能非常优异,TYCH-11的应用是浸胶芳纶硬绳加工技术上的一次重要突破,TYCH-11活化处理的切边V带用浸胶芳纶硬绳完全可以满足标准要求^[16-17]。

表3 各类1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶线绳物理性能对比

项 目	新型硬绳	普通硬绳	半硬绳	软绳	测试方法
断裂强力/N	2 844	2 585	2 792	2 826	GB/T 32108—2015
断裂伸长率/%	3.5	3.3	4.0	3.3	GB/T 32108—2015
800 N定负荷伸长率/%	1.1	1.3	1.4	1.4	GB/T 32108—2015
1%定伸长负荷/N	713	654	594	547	GB/T 32108—2015
硬挺度/cN	509	193	108	42	GB/T 33099—2016
剥离力/N	114	105			HG/T 4393—2018
剥离附胶率/%	100	95			HG/T 4393—2018
断裂强力保持率 ¹⁾ /%	97	89	95	96	

注:同表2。

2.2.2 裁切性能

为更清晰地对比PAPI溶液活化处理的常规浸胶芳纶硬绳与TCHY-11活化处理的新型浸胶芳纶硬绳的裁切性能,分别将仅经过活化处理的浸胶芳纶硬绳剪切面于电子显微镜下观察,结果见图2。

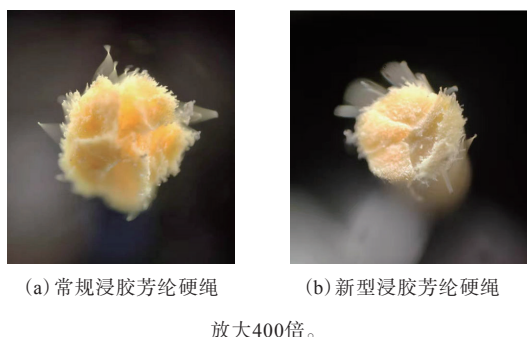


图2 经过活化处理的常规与新型1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳剪切面对比

由图2可见:常规浸胶芳纶硬绳剪切面毛絮现象严重,纤维仍然较为分散;新型浸胶芳纶硬绳剪切面呈较为牢固的一体性,纤维没有分散现象。

经完整浸渍处理后,新型浸胶芳纶硬绳容易裁剪,剪切面平整;常规浸胶芳纶硬绳不容易剪断,容易产生毛絮。常规与新型浸胶芳纶硬绳破捻后形态对比见图3。

由图3可见:常规浸胶芳纶硬绳的线头破捻后纤维较松散;新型浸胶芳纶硬绳的线头破捻过程需要一定的力度,且破捻后初捻结构的整体性仍然很好。

2.2.3 应用性能

分别使用常规浸胶芳纶硬绳和新型浸胶芳纶硬绳生产3种不同型号、不同工艺的切边V带,其切割面对比如图4所示。

由图4可见,常规浸胶芳纶硬绳生产的切边V带在切割过程中切割面起毛比较严重,而新型浸胶芳纶硬绳生产的切边V带在切割后线绳切割面平整光滑。

常规和新型浸胶芳纶硬绳切边V带打磨面见图5。

由图5可见,常规浸胶芳纶硬绳生产的切边V带切割并打磨后,打磨面起毛现象进一步加重;新型浸胶芳纶硬绳生产的切边V带切割并打磨后,打磨面只有轻微毛刺,比较平整,符合产品要求。



(a) 常规浸胶芳纶硬绳

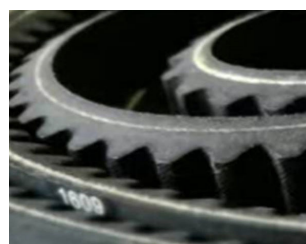


(b) 新型浸胶芳纶硬绳

图3 常规与新型1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳破捻后形态对比



(a) 常规浸胶芳纶硬绳

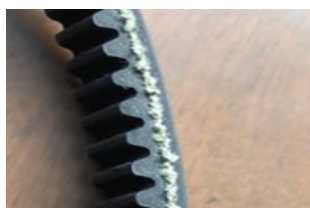


(b) 新型浸胶芳纶硬绳

图4 常规与新型1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳切边V带切割面对比

3 结论

芳纶线绳使用PAPI溶液作为常规活化处理剂,虽然可在一定程度上提高线绳硬度,但仍然无法达到切边V带切割和打磨的生产要求,且会导致线绳断裂强力保持率较低。采用TYCH-11活化处理的新型浸胶芳纶硬绳可完整保持芳纶白坯线绳的断裂强力,其断裂强力保持率远高于普通浸胶芳纶硬绳的断裂强力保持率。经过检测和实际



(a) 常规浸胶芳纶硬绳



(b) 新型浸胶芳纶硬绳

图5 常规与新型1670dtex/2×5 SZ浸胶芳纶硬绳

切边V带打磨面

生产验证,新型浸胶芳纶硬绳较高的固化程度满足切边V带生产过程中切割和打磨工艺的需要,对于切边V带行业的发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 诸世敏,罗善明,余以道,等.带传动理论与技术的现状与展望[J].机械传动,2007,31(1):92-96.
- [2] 段雯雯,赵华强,余尧,等.恒粘改性天然橡胶杯凝胶在V带底胶中的应用[J].橡胶工业,2019,66(4):292-296.
- [3] 邵海根,渠权,吴艳铭,等.农业机械用特种切边V带的研制[J].橡胶工业,2010,57(7):427-429.
- [4] 吴贻珍,蔡伟,邵旖磊,等.高模量低收缩聚酯线绳在汽车传动带中的应用[J].橡胶工业,2007,54(2):96-100.
- [5] 章融,朱彩虹.农机带的发展现状与展望[J].中国橡胶,2013(20):

19-21.

- [6] 曲荫章,于发家,姜华,等.几种胶带用聚酯和芳纶线绳浸胶技术的研究[J].橡胶工业,2004,51(3):154-158.
- [7] 吴贻珍,邵旖磊,潘建茂.芳纶线绳三元乙丙橡胶多楔带性能研究[J].橡胶工业,2015,62(2):105-107.
- [8] 张卫昌,李冲,殷守华,等.芳纶常用表面改性方法及其在橡胶制品中的应用(二)[J].橡胶科技市场,2007,5(20):9-11.
- [9] 申明霞,李红香,杨开宇,等.芳纶纤维表面处理与浸渍工艺研究[J].材料开发与应用,2008,23(1):41-44.
- [10] 童鹏威,鲁圣军,张敏,等.对位芳纶纤维的表面改性研究进展及展望[J].化工新型材料,2014,42(5):38-39.
- [11] 凌新龙,郭立富,林海涛.芳纶纤维的改性研究新进展[J].天津工业大学学报,2016,35(4):10-27.
- [12] Zhang Y H, Huang Y D, Liu L, et al. Surface Modification of Aramid Fibers with γ -ray Radiation for Improving Interfacial Bonding Strength with Epoxy Resin[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 106(4): 2251.
- [13] Bernhard H G, Markus C G, Peter N, et al. Arrangement of Substituted Rigid-rod Aramids in the Highly-ordered solid-state[J]. Macromolecular Chemistry and Physics, 2000, 201(13): 1476-1486.
- [14] Liou G S, Fang Y K. Electrochemical Behavior of N, N', N'-tetraphenyl-1, 4-benzene-diamine Moiety on Novel Aromatic Polyamides and Their Electrochromic Properties[J]. Dyes and Pigments, 2007, 74(2): 273-278.
- [15] 童鹏威,鲁圣军,张敏,等.对位芳纶纤维的表面改性研究进展及展望[J].化工新型材料,2014,42(5):38-39.
- [16] Ohmae N, Ghosh L, Fadhillah M H, et al. Synergistic Effect of Hyperthermal Atomic Oxygen Beam and Vacuum Ultraviolet Radiation Exposures on the Mechanical Degradation of High-modulus Aramid Fibers[J]. Polymer, 2006, 47(19): 6836-6842.
- [17] 陈佳,夏忠林,洪波,等.芳纶纤维的表面改性及增强高分子复合材料的研究进展[J].广州化工,2017(24):3-5.

收稿日期:2020-02-19

Study on New Dipped Aramid Stiff Cord for Cutting V-Belt

YU Dejiang, JIANG Wei, JIANG Hua, GAO Weisong

(Qingdao Tipont Cord Co., Ltd, Laixi 266609, China)

Abstract: The new dipped aramid stiff cord for cutting V-belt was studied. The results showed that compared with the conventional dipped aramid stiff cord activated with polymethylene polyphenyl polyisocyanate toluene solution, the new dipped aramid stiff cord activated with activation treatment solution TCHY-11 solved the fluffing problem of the trimming surface and grinding surface of cutting V-belt. The solidify degree of the new dipped aramid stiff cord met the requirements of the production process of cutting V-belt, the breaking strength retention rate was high, and the produced cutting V-belt met the product requirements.

Key words: cutting V-belt; dipped aramid stiff cord; activation treatment solution; solidify degree; breaking strength retention rate; trimming surface; grinding surface; fluffing