

加工工艺对芳纶帘线性能的影响

姜云平¹, 王芳², 罗之祥¹

(1. 北京橡胶工业研究设计院有限公司, 北京 100143; 2. 中国石化仪征化纤有限责任公司, 江苏 仪征 211900)

摘要:研究加捻工艺和浸胶工艺对芳纶帘线性能的影响。结果表明:在一定捻度范围内,芳纶帘线的断裂强力随捻度的增大而降低,断裂伸长率随捻度的增大而提高;浸胶张力和浸胶温度对浸胶芳纶帘线的断裂强力没有明显影响;适当降低浸胶温度可提高浸胶芳纶帘线的粘合强度。

关键词:芳纶帘线;加捻工艺;浸胶工艺;断裂强力;断裂伸长率;粘合性能

中图分类号:TQ330.38⁺9

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)07-0432-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.07.0432



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

芳纶纤维是美国杜邦公司于20世纪60年代开发的一种高性能合成纤维,具有高强度、高模量、耐高温、耐酸碱等优点^[1-4],早期主要用于防弹头盔、防弹衣、装甲板等军用物资生产,且产能主要集中在欧美国家及日本等发达国家。我国芳纶纤维生产虽然起步较晚,但通过我国科研工作者的不断努力,现在已拥有多家技术成熟的大中型企业^[5]。

本工作以国产对位芳纶纤维为主要对象,研究加捻工艺和浸胶工艺对芳纶帘线性能的影响。

1 实验

1.1 主要原材料

1670dtex对位芳纶纤维,国内某公司产品。

1.2 主要设备和仪器

5567型万能试验机,美国英斯特朗公司产品;CC3型直捻机,德国阿尔玛公司产品;帘线浸胶试验机,北京万汇一方科技发展有限公司产品。

1.3 试样制备

帘线的加捻和浸胶工艺在很大程度上决定了帘线的最终性能,要获得性能全面的帘线需要综合考虑加捻工艺和浸胶工艺。

1.3.1 加捻工艺

加捻是帘线重要的加工步骤,由于原丝纤度

很小,在经过喷丝头之后的拉伸过程中难以避免断丝现象,且原丝之间是一种比较松散的状态,在受到外力拉伸时不能均匀承受外力。原丝加捻之后纤维之间产生抱合力,缓解了单丝缺陷造成的纤维断裂问题,受力更加均匀,从而具备了一定的力学性能。合适的捻度可以使帘线具有更高的断裂强力和断裂伸长率,捻度过大会导致帘线断裂强力迅速下降^[6]。

本工作使用直捻机将芳纶单丝进行加捻,研究捻度对芳纶帘线力学性能的影响。传统的加捻设备需要先将单股束丝加捻成初捻丝后再合股制成帘线,而直捻机以揽捻方式通过一道工序即可完成初捻和复捻的加工,即将两束未加捻的原丝直接捻成帘线,通过高精度的张力控制系统和纱线张力平衡器,能够保证产品的高质量,并且具有卷装大、占地小等优点。帘线直捻机加捻工艺如图1所示^[7]。

用直捻机将1670dtex芳纶原丝加工成1670dtex/2芳纶帘线,捻度分别为300,330,360和390 T·m⁻¹。

1.3.2 浸胶工艺

浸胶也是帘线加工的主要步骤。芳纶纤维具有高结晶度,其表面光滑且缺少活性基团,不易与橡胶结合。在经过浸胶处理后,芳纶纤维表面附着一层胶膜,胶膜在硫化过程中与橡胶结合,从而使芳纶与橡胶之间形成牢固的界面,使芳纶/橡胶复合材料具备较好的力学性能。浸胶过程中纤维

作者简介:姜云平(1983—),男,北京人,北京橡胶工业研究设计院有限公司高级工程师,学士,主要从事橡胶骨架材料性能的研究工作。

E-mail:derek.jyp@sohu.com

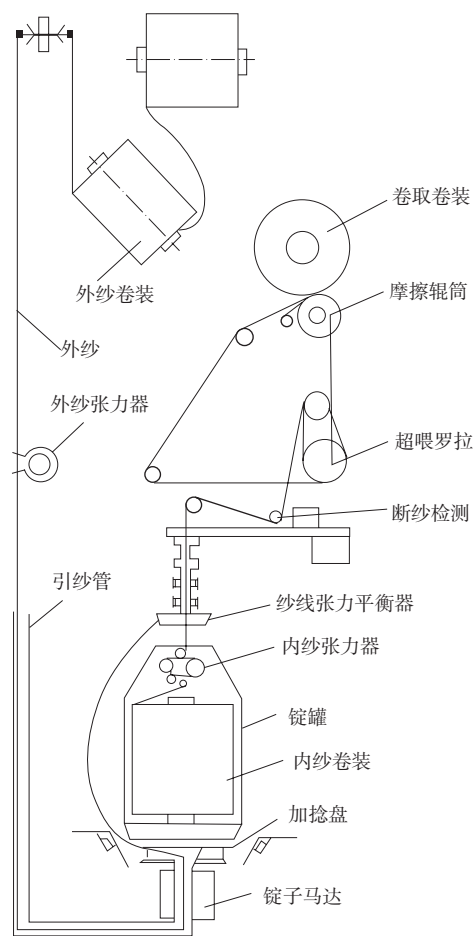


图1 帘线直捻机加捻工艺示意

在不同温度和张力作用下其强伸性能也会有所变化。使用实验室帘线浸胶机进行330 T·m⁻¹芳纶帘线的浸胶,在不改变浸渍体系的情况下,研究浸胶张力和温度对浸胶芳纶帘线性能的影响,具体浸胶工艺参数见表1。

1.4 性能测试

按GB/T 19975—2005《高强化纤长丝拉伸性能试验方法》对芳纶原丝进行强伸性能测试,在试验前先将芳纶原丝加捻,捻度为80 T·m⁻¹,这是为

表1 浸胶工艺参数

项 目	一区	二区	三区	四区
浸胶张力/N				
低	5	10	5	15
高	10	15	10	20
浸胶温度/℃				
低	160	210	160	220
中	160	210	160	230
高	160	210	160	240

了使复丝中的单丝均能承受一定的张力,并防止样品打滑。

浸胶后的芳纶帘线按GB/T 36795—2018《浸胶芳纶帘子布技术条件和评价方法》进行强伸性能、粘合强度和耐疲劳性能测试。

2 结果与讨论

2.1 原丝强伸性能

1670dtex芳纶原丝断裂强力和断裂伸长率测试结果分别为318.60 N和2.76%。

2.2 加捻工艺对帘线性能的影响

芳纶原丝经加捻制成帘线后,原丝之间产生抱合力,帘线受力时单丝间相互滑动摩擦力增大,阻碍了部分单丝从其强度薄弱点处断裂,因此与原丝相比,帘线的强度得到了提高;但随着捻度的进一步增大,单丝断裂强力在帘线轴向的分量减小,因此会造成帘线强度的下降^[6]。在加捻过程中,芳纶原丝因为相互缠绕发生倾斜而缩短,这种变化称为捻缩;这种结构上的变化能够为帘线在拉伸过程中提供更多的形变量,提高了芳纶帘线的断裂伸长率。因此在加捻步骤中,要兼顾帘线的断裂强力与断裂伸长率才能保证帘线具有更好的应用性能。

帘线断裂强力保持率(η)的计算公式为: $\eta = (\text{原丝断裂强力} - \text{加捻后帘线的断裂强力}) / \text{原丝断裂强力} \times 100\%$ 。

不同捻度的芳纶帘线强伸性能见表2。

表2 加捻后芳纶帘线强伸性能

项 目	捻度/(T·m ⁻¹)			
	300	330	360	390
断裂强力/N	590.4	573.9	549.2	533.6
断裂伸长率/%	5.7	6.2	6.3	6.5
断裂强力保持率/%	92.7	90.0	86.2	83.7

从表2可以看出,在300~390 T·m⁻¹捻度范围内,芳纶帘线的断裂强力和断裂强力保持率均随捻度的增大而降低,断裂伸长率随捻度的增大而提高。

芳纶帘线断裂强力随捻度增大而降低是由于加捻过程中产生的变形使芳纶单丝与帘线轴向产生一定的夹角,导致帘线在拉伸过程中产生垂直于拉伸方向的分力,变形越大、夹角越大,垂直于

拉伸方向的分力也就越大,因此捻度的增大会造成帘线在轴向上的分力降低,导致帘线断裂强力随捻度的增大而下降。

断裂伸长率随捻度的增大而提高是因为在加捻过程中,两股芳纶单丝相互缠绕形成螺旋状结构,芳纶束丝也由加捻前的直线变为加捻后的曲线,这部分由加捻产生的变形使帘线在拉伸过程中可以获得更大的形变,因此随着捻度的增大,帘线的断裂伸长率提高。

由表2还可以看出,捻度为 $330\text{ T}\cdot\text{m}^{-1}$ 的芳纶帘线具有较好的综合性能,因此使用此规格的芳纶帘线进行浸胶工艺研究。

2.3 浸胶工艺对芳纶帘线性能的影响

纤维在原丝生产中经高度拉伸使强度得到提高,但在捻线、织布和浸胶等后续工序中由于长期机械摩擦则会导致强力的下降,在浸胶过程中纤维在一定温度和张力的作用下经拉伸、定型可以在一定程度上弥补强力的损失^[8]。提高浸胶温度能提高纤维的结晶度,有利于帘线模量的提高和热收缩率的降低。浸胶过程中需要给纤维施加一定的张力以提高其结晶度,但张力过大会破坏纤维的结晶度。在浸胶工艺参数的选择上要根据浸胶帘线的强伸性能、热收缩性能、粘合性能等综合平衡^[9-10]。采用实验室用帘线浸胶试验机对捻度为 $330\text{ T}\cdot\text{m}^{-1}$ 的芳纶帘线进行浸胶处理,研究浸胶张力和温度对帘线性能的影响。

2.3.1 浸胶张力

设定了低张力和高张力两组浸胶张力条件,浸胶张力对浸胶芳纶帘线性能的影响见表3。

表3 浸胶张力对浸胶芳纶帘线性能的影响

项 目	低张力	高张力
断裂强力/N	563.1	569.5
断裂伸长率/%	5.4	5.2
粘合强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	162.4	156.8

从表3可以看出,浸胶张力提高,浸胶芳纶帘线的强伸性能和粘合性能没有明显变化。其原因是芳纶纤维具有高结晶度和高取向度,其玻璃化温度在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,在本试验中设定的浸胶温度下张力的变化对浸胶芳纶帘线的断裂强力影响很小。

2.3.2 浸胶温度

采用低、中、高3组浸胶温度参数,浸胶温度对浸胶芳纶帘线性能的影响见表4。

表4 浸胶温度对浸胶芳纶帘线性能的影响

项 目	低温	中温	高温
断裂强力/N	570.6	563.1	573.8
断裂伸长率/%	5.4	5.4	5.4
粘合强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	167.3	162.4	157.1

从表4可以看出:随着浸胶温度的升高,浸胶芳纶帘线的强伸性能没有明显变化,这也是由芳纶纤维自身的高结晶度、高取向度及耐高温性能所决定的;浸胶芳纶帘线的粘合强度随浸胶温度的升高有小幅下降,这说明适当降低浸胶温度更适合于1670dtex芳纶帘线。

在上述浸胶工艺条件下,浸胶芳纶帘线的强伸性能并没有如同锦纶、聚酯等帘线在经过浸胶处理后有明显改善,其拉伸强度几乎不受浸胶张力和浸胶温度变化的影响,这主要是由于芳纶纤维自身的强度高、耐热性能好,因此其断裂强力在一定范围内受浸胶温度和张力的影响很小。此外,对1670dtex/2芳纶帘线来说,适当降低浸胶温度有利于浸渍液与芳纶表面的化学反应,得到更好的粘合效果。

由此得到1670dtex芳纶纤维的最佳加捻工艺及浸胶工艺见表5。

表5 1670dtex芳纶纤维最佳加工工艺

工艺参数	一区	二区	三区	四区
捻度/($\text{T}\cdot\text{m}^{-1}$)	330	330	330	330
浸胶张力/N	5	10	5	15
浸胶温度/ $^{\circ}\text{C}$	160	210	160	220

3 结论

在 $300\sim 390\text{ T}\cdot\text{m}^{-1}$ 捻度范围内,1670dtex/2芳纶帘线的断裂强力随捻度的增大而降低,断裂伸长率随捻度的增大而提高;在一定范围内浸胶张力和浸胶温度的变化对1670dtex/2浸胶芳纶帘线强伸性能的影响较小;适当降低浸胶温度可获得较好的粘合性能。

参考文献:

[1] 周琴,李杨,钟代飞,等. 芳纶纤维的热氧化处理及对环氧树脂界面

- 黏结的影响[J]. 塑料科技, 2021, 49(5): 1-6.
- [2] 谢遂志, 刘登祥, 周鸣峦. 橡胶工业手(修订版) 第一分册 生胶与骨架材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989.
- [3] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京: 中国石化出版社, 2004.
- [4] 马林刚, 章跃洪, 杨金林. 芳纶纤维增强聚硅氧烷复合材料的制备及性能研究[J]. 塑料科技, 2021, 49(5): 24-26.
- [5] 张勇, 董康, 徐伟, 等. 芳纶短纤维在泥地轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业, 2021, 41(1): 3-8.
- [6] 王建民, 孙玉平, 晋丽. 芳纶浸胶帘布的研究开发[C]. 第一届全国工业用织物和骨架材料技术研讨会论文集. 北京: 北京橡胶工业研究设计院, 2001: 76-80.
- [7] 刘贵生. 帘子线直捻机结构及工艺特征浅析[J]. 纺织机械, 2000(4): 15-17.
- [8] 张仁杰. 锦纶66浸胶帘子布生产中的张力与控制[J]. 合成纤维工业, 1997(3): 50-53.
- [9] 黄凯. 高模量低收缩聚酯工业丝和浸胶帘子布的工艺研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2004.
- [10] 李新, 刘晓光, 路晓冬. 应用图像识别系统分析浸胶帘布胶斑的方法[J]. 橡胶工业, 2020, 67(2): 149-152.

收稿日期: 2022-01-08

Effect of Processing Process on Properties of Aramid Cord

JIANG Yunping¹, WANG Fang², LUO Zhixiang¹

(1. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry Co., Ltd., Beijing 100143, China; 2. SINOPEC Yizheng Chemical Fibre Co., Ltd., Yizheng 211900, China)

Abstract: The effects of twisting process and dipping process on the properties of aramid cord were studied. The results showed that, within a certain twist range, the breaking force of aramid cord decreased with the increase of twist, and the elongation at break increased with the increase of twist. The dipping tension and dipping temperature had little effect on the breaking force of the dipped aramid cord. Appropriately lowering the dipping temperature could improve the adhesive strength of the dipped aramid cord.

Key words: aramid cord; twisting process; dipping process; breaking force; elongation at break; adhesive property

一种缺氧可继续行驶充气轮胎

由黑猫轮胎(福建)有限公司申请的专利(公布号 CN 113212071A, 公布日期 2021-08-06)

“一种缺氧可继续行驶充气轮胎”, 公开了一种缺氧可继续行驶的充气轮胎, 包括胎体、缺氧行驶单元和内部支撑单元。胎体外弧面圆形阵列错位开设有防滑槽, 胎体内部设有帘布层, 帘布层的左右端头内部均设有钢丝圈, 帘布层的左右端头内部均填充有三角胶, 胎体内部设有带束层, 带束层位于帘布层的圆周外部; 缺氧行驶单元对称设置于胎体的外弧面左右两侧, 包括辅助胎体、支撑片和圆环, 其中辅助胎体对称设置于胎体的外弧面左右两侧, 其内部均阵列设有支撑片; 内部支撑单元以圆形阵列设置于胎体的内部。本发明轮胎缺氧还可以行驶, 并且行驶安全性高, 缺氧时还能对胎体进行保护。

(本刊编辑部 马 晓)

轮胎带束层缠绕工艺

由山东新豪克轮胎有限公司申请的专利(公布号 CN 113246517A, 公布日期 2021-08-13)

“轮胎带束层缠绕工艺”, 公开了一种轮胎带束层缠绕工艺, 步骤为: (1) 用一根挂胶钢丝帘线沿着定型尺寸的胎体周向有序地按照设定的间距和拉力直接缠绕到设定宽度; (2) 在缠绕成型后的挂胶钢丝帘线上贴上一层包胶, 形成独立的第1带束层; (3) 继续用一根挂胶钢丝帘线在第1带束层上按照设定的间距和拉力直接缠绕到设定宽度, 并贴上一层包胶形成独立的第2带束层; (4) 重复步骤(3) 直至分别形成彼此独立的所需数量的带束层。本发明摒弃了传统轮胎带束层的压延、裁断制造工艺, 消除钢丝接头, 采用一根挂胶钢丝帘线缠绕的方法直接在轮胎成型设备上制成多层带束层, 杜绝产生钢丝断头, 保证了轮胎的质量。

(本刊编辑部 马 晓)