

碳纤维编织性能的研究

赵敏^{1,2}, 杨昆^{1,2}, 刘松^{1,2}

(1.天津工业大学 纺织学院,天津 300160;

2.天津工业大学 先进纺织复合材料教育部重点实验室,天津 300160)

摘要:探讨了碳纤维在手动横机上编织纬平针和1+1罗纹组织的难易程度和编织性能。指出,碳纤维模量高、纱线摩擦系数大、弯曲性能差、易脆断等性能是影响其编织的主要因素。通过调节给纱张力、弯纱深度、牵拉力等工艺参数,可改善碳纤维纱线的上机编织性能。通过对成圈过程中线圈曲率半径变化规律的分析,得出编织时最适宜的弯纱深度为13,且编织1+1罗纹较编织纬平针容易。

关键词:碳纤维;纬编织物;纱线性能;编织工艺;线圈曲率半径

中图分类号:TS 184.4

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2012)01-0011-03

随着纤维增强复合材料技术的发展和应用领域的拓展,针织结构因其良好的弹性、能量吸收性、悬垂性及可成形性,越来越多地被用于高模量纤维增强复合材料中。然而,由于高模量纤维的高强度、高模量特性和针织结构编织工艺的特殊性,高模量纱线顺利完成针织线圈的编织难度很大。虽然已有学者对高模量纱线采用针织编织的性能做了一些研究,如2001年,龙海如探讨了玻璃纤维横机针织物的编织工艺^[1];2004年,朱梅对玻璃纤维编织性能进行了研究^[2];2009年,何青对玄武岩纤维纱线在电脑横机上可编织性能进行了研究^[3],但针对碳纤维针织编织性能进行的研究尚不多见,本文就此进行了探讨研究。

1 试验准备

1.1 原料

采用的碳纤维(T300)原料规格参数如下:

线密度 219 tex
断裂强度 1.9 N/dtex
弹性模量 134 N/dtex
断裂伸长率 1.4%
摩擦系数 0.45

1.2 设备

采用的飞虎牌手动横机门幅为106.68 cm(42"),不带压脚,机号为7针/25.4 mm。

1.3 组织结构

为研究碳纤维的针织编织性能,需对不同组织结构的织物进行测试分析和比较。本课题选用纬平针和1+1罗纹这两种基本组织进行研究。

1.4 弯纱深度

弯纱深度的选择要能满足两种组织均能编织,还必须具有一定的间隔区分,因此弯纱深度值选择11、13和15。

2 结果与分析

2.1 编织难易程度

根据张亮^[4]的研究,导电纤维

的编织从易到难分别为1~6个等级,高强聚乙烯纤维和毛纱均处于1级、2级的程度。但是碳纤维有很大的差别,通过与其他两种纤维在编织过程中的比较,碳纤维编织的难易程度如表1所示。

表1 碳纤维的编织难易程度

组织结构	弯纱深度值	编织的难易程度/级
纬平针	11	4
	13	3
	15	6
1+1罗纹	11	3
	13	2
	15	5

2.2 编织性能分析

纱线本身的性能(摩擦性能、抗弯刚度和脆性等)和编织工艺参数(弯纱深度、牵拉力等)是影响高模量纱线编织性能的两大主要因素。本文不仅从这两个方面,还从成圈过程中纱线线圈曲率半径的变化规律来对碳纤维的编织性能进行分析。

作者简介:赵敏(1985—),女,硕士研究生。主要从事针织物性能方面的研究。

2.2.1 纱线本身的性能

碳纤维弹性模量和摩擦系数较大且为脆性材料,表面较粗糙且弯曲易折断,因此碳纤维编织针织物难度较大,具体表现如下。

a. 碳纤维纱线摩擦系数为0.45,这种大的摩擦系数使得织针沿三角上升的时候,布面可能随织针一起上升,导致旧线圈无法退圈,从而使编织无法顺利进行。且纱线摩擦系数大,容易磨损编织机件。

b. 纱线弯曲性能差,使得脱圈阶段新线圈从输入纱线以及相邻线圈转移的纱线量比较少,所以碳纤维所成的线圈比正常的要小且容易断裂。

c. 碳纤维的高模量与本身的脆性结合在一起,使得碳纤维在编织过程中容易受到弯曲应力,即使是较小的变形也会产生断裂。

2.2.2 编织工艺参数

a. 给纱张力

手动横机机头间歇式往复运动迫使导纱路径不断变化,给纱张力波动较大,使得给纱张力不均匀,所以编织像碳纤维这样的高模量纤维具有一定的困难。为了减少引纱过程的摩擦,同时考虑到给纱张力不易控制,编织时穿纱孔和各个通纱孔均采用陶瓷孔^[2],且张力装置的张力尽量调节至最小,以保证纱线顺利抽拉至编织区域,避免刮断刮毛碳纤维纱线。

b. 弯纱深度

弯纱深度不仅影响纱线能否顺利编织成圈,而且还是影响线圈长度、织物密度的关键因素。欧拉公式见式(1)。

$$T = T_0 e^{\mu\theta} \quad (1)$$

式中: T 为输出张力,N; T_0 为输入张力,N; μ 为摩擦系数; θ 为摩擦包围角。

由式(1)可知,在输入张力不变的情况下,随着弯纱深度的增加,纱线在编织区域内所走的路径变长,纱线与成圈机件的包围角的总和增大,加之碳纤维的摩擦系数较大,导致弯纱张力增大,而弯纱张力的增大容易导致碳纤维单丝的断裂,纱线强力降低直至纱线断裂,无法编织,所以弯纱深度为15时,编织异常困难。若弯纱深度太小,而碳纤维的弹性模量又大,再加之牵拉力比较小所以线圈脱圈比较困难,所以弯纱深度为7时也很难编织,因此选取合适的弯纱深度值很重要。通过试织发现弯纱深度值为13时,碳纤维损伤最小,最易编织。

c. 牵拉力

使用的牵拉机构为重锤式牵拉机构。采用这种牵拉机构时,织物从针床口面至横梳间,由于两端边横向受到制约,在承受张力后即呈现两端边向内弯曲的现象。因而两边的线圈在纵向承受的张力更大,于是边缘出现横向密度大、纵向密度小的不均匀现象。如果重锤悬挂的位置不适当,就会造成两边的织物受力不均匀,而如果选用的重锤太轻,则会出现织物上浮的现象。因此编织时应将重锤直挂在梳栉中间或两端适当的位置,尽量使织物受力均匀。但是,碳纤维是脆性材料,复丝中的单丝易断裂,所以在保证旧线圈顺利退圈和新线圈能够顺利被引出编织区域的前提下,牵拉张力小些较好。一般而言,编织双面织物要比编织单面织物所需的牵拉力大。在试验中发现:编织幅宽为36cm的纬平针组织,在定幅梳栉上的左、中、右分别挂1个中号重锤(0.36kg);在编织1+1罗纹组织时所需要的牵拉力与纬平针相比较,需要在定幅梳

栉的左、右孔中挂1个大号重锤(0.52kg),在中间挂1个中号重锤(0.36kg),就可以顺利实现牵拉。

2.2.3 成圈过程中线圈曲率半径变化规律

根据刘松提出的图像处理与分析的方法^[5],得到了碳纤维纱线在3种不同弯纱深度值时,编织纬平针组织的线圈圈干曲率半径变化情况如图1所示。

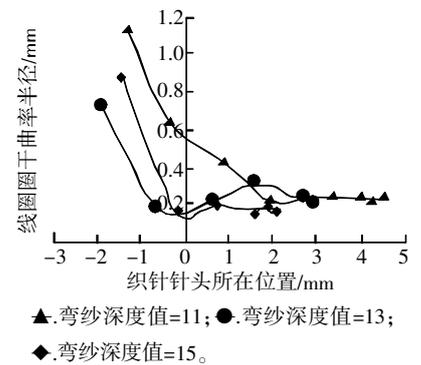


图1 碳纤维在3种弯纱深度值下线圈圈干曲率半径的变化

从图1可以清晰地看到,碳纤维在不同弯纱深度下线圈圈干曲率半径随着针头所在位置的变化情况。在编织的过程中,随着织针的下降,线圈圈干曲率半径出现了先减小后增大的现象。这种现象在弯纱深度值为13时表现最为明显。当弯纱深度值为11和15时,在针织运动到最低点附近时,此现象较明显并且线圈圈干曲率半径值稍有波动。根据刘松等人的研究^[5-7],线圈圈干曲率半径的最小值所处的阶段即为实际生产中导电纤维的易断阶段,所以认为13为编织纬平针组织的最适宜的弯纱深度值。

为了观察织物组织与碳纤维纱线针织可编织性之间的关系,在弯纱深度值为13时,探讨了纬平针和1+1罗纹的纱线线圈曲率半径随织针针头所在位置的变化情况,如图2所示。

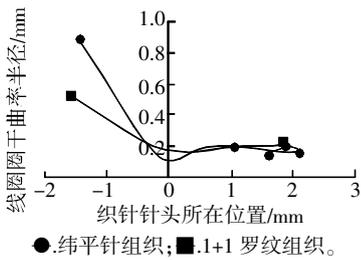


图2 碳纤维在不同组织结构下线圈圈干曲率半径的变化

从图2中可以看出,组织结构对碳纤维线圈曲率半径的变化影响显著。在其他编织参数不变的情况下,纱线在编织1+1罗纹组织时其线圈圈干曲率半径变化曲线较平缓,而编织纬平针组织织物时,织针针头在筒口线附近时,线圈圈干曲率半径达到最小值并且在织针运动到最低点附近时纱线的线圈圈干曲率半径稍有波动。具体分析其原因如下:1+1罗纹组织为前后针床1隔1选针参与编织,线圈沉降弧受到较大的拉伸和扭转,但是线圈与线圈之间的间隙增大;单面纬平针组织为单个针床满针参与编织,单个线圈瞬间同时受到栅状齿的握持作用,压力较大。碳纤维本身线密度较大,高强度高模量,摩擦系数大并且易扭折。纱线在编织1+1罗纹组织时,线圈沉降弧虽受到较大的拉伸,但是纱线本身的强度能够使纱线顺利编织。然而,纱线编织纬平针织物时,线圈受到针槽两侧栅状齿的握持作用,使得在纱线张力较大的连圈阶段纱线线圈曲率半径达到最小,并且在弯纱和成圈阶段线圈干曲率半径稍有波动。所以在弯纱深度为13时,编织1+1罗纹比编织纬平针组织要容易些。

3 结束语

碳纤维虽然具有高强度高模量等性能特点,但是由于其摩擦系数大、抗弯刚度大、脆性大等特性,

而导致碳纤维针织编织难度很大。尽管如此,碳纤维的优异性能令其在针织增强复合材料中应用也越来越广泛,本文所分析的碳纤维在手摇横机上的编织性能,为优化它的编织工艺参数提供参考依据。

参考文献

- [1]龙海如.玻璃纤维横机针织物编织工艺探讨[J].针织工业,2001(6):37-39.
- [2]朱梅.高模量纤维可编织性的研究[D].上海:东华大学,2003.
- [3]何青.玄武岩纤维纱线在电脑横机上可编织性能的研究[D].上海:东华大

学,2009.

- [4]张亮,宋广礼,杨昆.导电针织物的可编织性能研究[J].天津工业大学学报,2008,27(5):43-46.
- [5]刘松.导电纤维编织过程的研究[J].产业用纺织品,2011(2):15-18.
- [6]李雯,庄勤亮.导电纤维及其智能纺织品的发展现状[J].产业用纺织品,2003,21(8):1-3.
- [7]李荣珍,陶再荣.导电纤维的开发现状及应用[J].江苏纺织,1995(5):12-13.

收稿日期 2011年6月10日

链接

纤维增强复合材料在体育器材上的应用

1 滑雪板

纤维复合材料滑雪板适合任何雪质的雪地,且维护方便。目前,市面上性能优异的滑雪板一般是以夹芯复合材料制成的。这种滑雪板的芯材是由木材或PU、PVC等制成,滑雪板的弹性正是来源于此;碳纤维位于芯层上部,可加强滑雪板屈伸度;玻璃纤维置于芯层上方,能起到一定的连接作用,可连接面板和芯层,增加滑板的韧度,也能够让滑板更有力度。

2 高尔夫球杆

1972年美国Shakespeare公司用长丝缠绕法制成高尔夫球杆,同年,美国的G.Brewer采用CFRP(碳纤维增强复合材料)制成球杆。现在高档的高尔夫球杆,采用碳纤维复合材料,密度小,强度高,弹性好,耐冲击,使高尔夫球杆变得可多次重复使用,而且也使运动员可充分发挥挥杆打球的力量和技术。

3 自行车

20世纪80年代中期,意大利、法国、英国和美国相继成功开发了用碳纤维管和铝合金接头粘接成车架的碳纤维自行车。其车架质量较铬钼钢车架轻,强度、刚度却比铬钼钢车架高,因此一经研制成功,便被用作专门的比赛用车。曾获得男子自行车公路赛冠军的德国著名车手乌里希的“坐骑”就是用碳纤维增强复合材料作的支架,质量仅7.5 kg。

4 网球拍

目前,世界上高、中档网球拍大多是用碳纤维复合材料制成的。最早把碳纤维应用于网球拍的是1974年美国Chemold等公司。与其他材料相比,碳纤维应用于网球拍有以下优势:(1)可制造大型网球拍:与过去木制的相比,在同样质量下,球拍面积可增加1.5倍左右,网线张力可提高20%~45%。(2)减震阻尼性能好:碳纤维复合材料的减震阻尼性能出类拔萃,它不易起振,起振后也易停振。(3)设计自由度大。