

碳纤维缝编工艺差异性分析与评估技术

颜鸿斌 安明康 王健 季雪松 刘胜利

(航天材料及工艺研究所,北京 100076)

文 摘 织物用国产碳纤维的性能评价及改进、碳纤维缝编工艺技术的研究等均需要一些必要的分析评估手段。上机织造比较分析表明,碳纤维本身的特性、导纱机件材料与结构形式、送纱方式等工艺设备和技术路线对碳纤维缝编工艺性能影响较大,国产 HF10-12K 碳纤维的缝编工艺效率和质量明显低于 T700-12K 碳纤维的;采用旋转轮导纱结构和主动送纱方式等,可有效提高国产碳纤维在碳纤维缝编织物制备工艺质量和工艺效率。结果表明,碳纤维毛羽是影响碳纤维缝编织造工艺质量和效率的关键因素,参数“纱线毛羽指数”、“织物拉伸强力/原纱强度(比值)”和“织物增强树脂基复合材料拉伸强度/原纱强度(比值)”可用来定量比较分析和评估各碳纤维纱线的缝编织造工艺差异性。

关键词 碳纤维,缝编,工艺,评估

中图分类号:TS155

DOI:10.3969/j.issn.1007-2330.2014.04.014

Analysis and Assess Technology of Difference of Carbon Fiber Stitch-bonding Process

YAN Hongbin AN Mingkang WANG Jian JI Xuesong LIU Shengli

(Aerospace Research Institute of Materials & Processing Technology; Beijing 100076)

Abstract The visible difference of stitch-bonding process between China-made carbon fiber and TORAY carbon fiber has been made clear by way of fabricating its stitching fabric. Some parameters and measure methods has been chose to analysis quantitatively the influence on the hairness index of carbon fiber, including carbon fiber, yarn-guiding material, yarn-guiding structure and yarn-delivering mode. The results shows that hairness of carbon fiber is pivotal to stitch-bonding process. The paper attempts to give some references to evaluate and analysis quantitatively difference of carbon fiber stitch-bonding process, and to modify china-made carbon fiber.

Key words Carbon fiber, Stitch-bonding, Process, Assess

0 引言

近年来,随着国产碳纤维的研制开发进展迅速和规模化生产逐渐加快,国产碳纤维品种系列及其规模已逐渐形成,以单丝和预浸料中间体为主的国产碳纤维的应用,有效验证了一些国产碳纤维的主要力学性能已接近或达到进口碳纤维的相应水平。但是,在开展国产碳纤维织物中间体的制备与应用研究过程中,发现国产碳纤维在织造过程中存在易起毛、易粘连、

易断头等问题,给国产碳纤维织造技术提出了新课题^[1],表明国产碳纤维在综合质量上同进口相比还有一定的差异和差距。

缝编织物是在机织物后开发出来的一种新的结构形式的织物,由专门的缝编机采用经编技术将纤维缝合捆绑在一起形成的织物,它是一种高性能定向织物,又称无卷曲织物(Non-crimp fabric,简称NCF)^[2]。本文以碳纤维缝编织物为基础,探讨开展国产与进口

收稿日期:2013-12-17

基金项目:科技部 863 计划资助项目(2012AA03A201)

作者简介:颜鸿斌,1972 年出生,高级工程师,主要从事高分子材料及树脂基复合材料研究。E-mail:hongbin_y@sina.com

碳纤维的缝编织造工艺差异性分析评价技术研究工作, 以期对国产碳纤维性能进一步改进和碳纤维缝编织物制备工艺技术的优化提供一些思路。

1 实验

1.1 主要原材料

碳纤维: 江苏恒神纤维材料有限公司 HF10-12K 等碳纤维, 东丽 T700-12K 碳纤维; 真空灌注工艺用树脂体系: 巴陵石化 F175/HD501 环氧树脂体系。

1.2 碳纤维 NCF 织物的制备

采用型号为 1275/14024 的多轴向缝编机(德国)和两种工艺路线来制备碳纤维缝编织物。

工艺路线 1: 纱架上碳纤维纱线→一组纱架上导纱瓷眼→三组顶部导纱瓷眼→顶部导纱辊→分纱箱-导纱辊-分纱箱-导纱辊-分纱箱→经喂纱箱入缝编区域织造。

工艺路线 2: (除去现有众多的导纱瓷眼和分纱箱, 减少和优化导纱辊)。纱架上碳纤维纱线→一组纱架上导纱辊→分纱栏→导纱辊-分纱梳-导纱辊-张力辊等→收卷成碳纤维纱线整经盘头→四个盘头固定后碳纤维纱线经导纱辊和压纱辊直接进入缝编区域进行织造。

1.3 复合材料的制备

采用真空灌注工艺制备碳纤维 NCF 织物增强树脂基复合材料。

1.4 性能测试

碳纤维纱线毛羽指数测试采用莱州市电子仪器有限公司 YG171LD 纱线毛羽测试仪, 参考 FZ/T01086—2000(纺织品 纱线毛羽测定方法投影计数法); 碳纤维缝编织物强力测试采用莱州市电子仪器有限公司 YG065H3T 电子织物强力仪, 参考 GB/T7689.5—2001; 碳纤维缝编织物增强树脂基复合材料拉伸强度采用万能材料试验机, 参照 DIN EN ISO 527—5 测试。

2 结果与讨论

2.1 国产和进口碳纤维缝编织造工艺差异性定性分析

按照工艺路线 1, 采用国产碳纤维和进口碳纤维纱线进行了单轴向 NCF 织物的织造, 织造过程中重点对导纱、分纱和喂纱部件部位进行了检查、观察。图 1 和图 2 是两种碳纤维纱线上机织造工艺差异性定性比较照片。

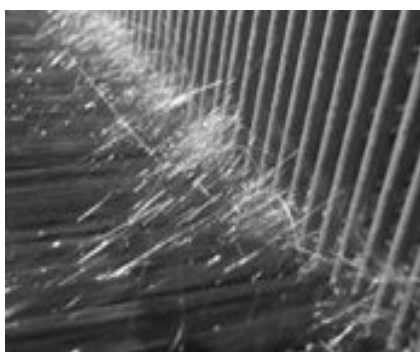
图 1 和图 2 表明, 国产碳纤维缝编织造工艺效率和质量低下, 突出表现在: 国产碳纤维毛纱(毛羽)较多, 在 NCF 织物制备过程中, 在瓷眼、导纱箱等处存在易起毛、易粘连、易断头等问题, 若不及时清理, 严重时设备甚至因堵塞而被迫停机, 织造后织物产品的外观、织物面重等波动相对较大。可见, 降低碳纤维毛纱(毛羽)对织造工艺质量和效率的影响是国产碳纤维 NCF 织物织造工艺技术的关键之一。



(a) 导纱瓷眼处



(b) 分纱箱 1 处



(c) 分纱箱 2 处



(d) 喂纱箱处

图 1 国产碳纤维(HF10-12K)纱线缝编过程中四处部位的照片

Fig. 1 Four photos of stitch-bonding process of China-made carbon fiber (HF10-12K)



(a) 导纱瓷眼处



(b) 分纱箱 1 处



(c) 分纱箱 2 处



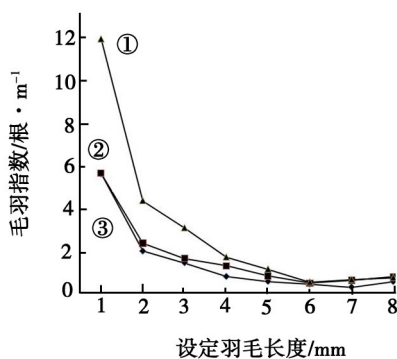
(d) 喂纱箱处

图 2 进口东丽碳纤维(T700-12K)纱线缝编过程中四处部位的照片

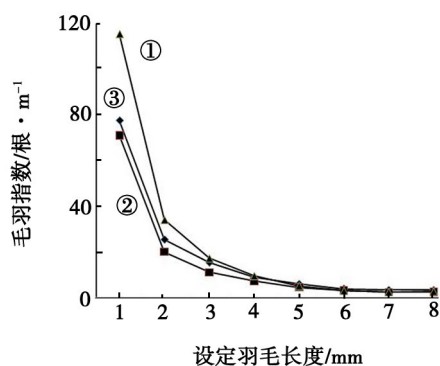
Fig. 2 Four photos of stitch-bonding process of TORAY carbon fiber (T700-12K)

2.2 进口和国产碳纤维的纱线毛羽主要影响因素定量分析研究

纱线毛羽^[3]是指伸出纤维基体表面的纤维突出物,是继纱线强力、均匀度等衡量纱线性质的主要质量指标后,影响纱线质量的主要指标;同时纱线毛羽还是影响最终织物产品内在性能、外观质量和后部加工的重要因素,对织物织造生产和织机效率的影响更加重要。毛羽越长越多,对纱线的性能、质量和后工序加工影响越大。与玻璃纤维比较,碳纤维由于具有比模量高、伸长率低等特点,在制备和纺织织造过程中因为脆性大、弯曲时易断裂等特性而比较容易产生毛羽(毛纱)。本文借鉴标准 FZ/T01086—2000,采用毛羽指数来定量比较分析研究进口和国产碳纤维纱线毛羽的影响因素及其程度。图 3 ~ 图 6 数据表明, (1) 在相同测试条件下,进口东丽碳纤维 T700-12K 的毛羽指数均明显低于国产碳纤维 HF10-12K 的毛羽指数; (2) 导纱机件材料、结构形式和送纱方式以及预加张力等对碳纤维毛羽指数均有影响; (3) 导纱机件材料、结构形式和送纱方式的影响较大,铝合金和聚四氟乙烯优于钛瓷材料、钛瓷轮优于钛瓷眼、旋转轮结构优于固定轮结构、主动送纱方式优于被动送纱方式。



(a) T700-12K

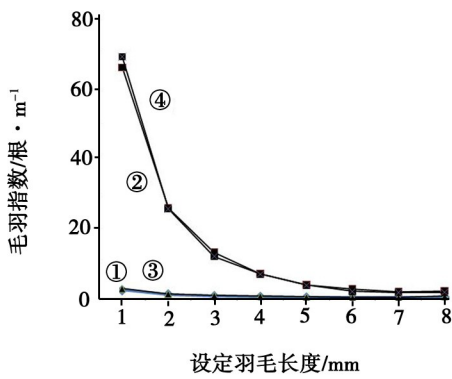


(b) HF10-12K

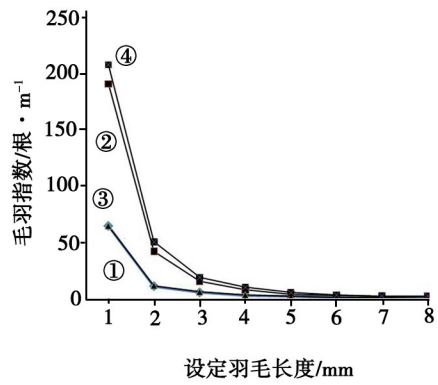
图 3 导纱固定轮(辊)材料对碳纤维毛羽指数的影响

Fig. 3 Influence of yarn-guiding roller material on hairiness index of carbon fiber

①聚四氟乙烯;②铝合金;③钛瓷。



(a) T700-12K

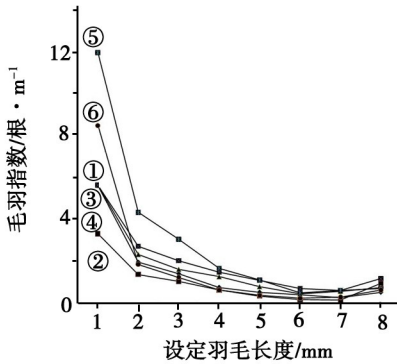


(b) HF10-12K

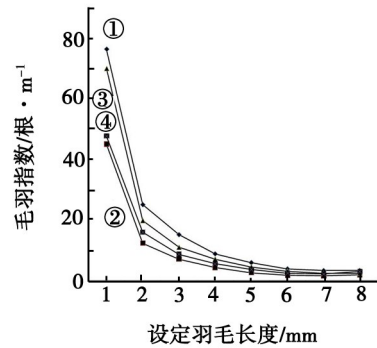
图4 导纱结构形式和预加张力对碳纤维毛羽指数的影响(导纱角度 68°)

Fig. 4 Influence of yarn-guiding structure and pretensioning on hairiness index of carbon fiber

①瓷轮/预加张力 60 CN;②瓷眼/预加张力 60 CN;③瓷轮/预加张力 120 CN;④瓷眼/预加张力 120 CN.



(a) T700-12K



(b) HF10-12K

图5 导纱材料和导纱结构形式对碳纤维毛羽指数的影响

Fig. 5 Influence of yarn-guiding structure and material on hairiness index of carbon fiber

①聚四氟乙烯/固定轮;②聚四氟乙烯/旋转轮;③铝合金/固定轮;④铝合金/旋转轮;⑤钛瓷/固定轮;⑥钛瓷/旋转轮。

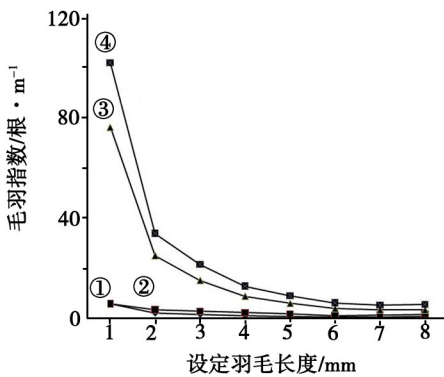


图6 送纱方式对碳纤维毛羽指数的影响

Fig. 6 Influence of yarn-delivering mode on hairiness index of carbon fiber

①T700-12K/主动;②T700-12K/被动;
③HF10-12K/主动;④HF10-12K/被动。

构,预加张力为 60 CN,导纱角度为 0°,采用主动送纱方式,牵引速率 10 m/min)下,比较测试了多种进口碳纤维和国产碳纤维的毛羽指数(表 1)。

表1 多种进口和国产碳纤维毛羽指数比较

Tab. 1 Quantitative difference of hairiness index of China-made fibers and TORAY carbon fibers

纤维	毛羽指数/根·mm ⁻¹							
	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm
TC35-12K	1.64	0.54	0.19	0.17	0.09	0.04	0.13	0.63
T700-12K	5.59	1.95	1.4	0.75	0.52	0.39	0.25	0.51
UT500-12K	6.73	2.3	1.43	0.92	0.56	0.29	0.24	0.62
JHT300-6K	7.37	3.3	2.37	2.01	1.13	0.85	0.93	1.33
SY-12K	12.29	5.42	3.88	2.41	1.55	1.07	0.76	1.2
MT300C-3K	42.77	10.27	4.83	2.61	1.42	0.98	0.84	1.03
MT700-12K	62.04	16.56	10.87	6.34	4.51	2.85	2.4	2.54
HF10-12K	76.24	24.91	15	8.67	5.78	3.72	3.15	3.16

结果表明,进口碳纤维的毛羽指数普遍明显低于国产碳纤维的毛羽指数,而各国产碳纤维的毛羽指数

2.3 国产碳纤维和进口碳纤维缝编工艺差异性定量分析

2.3.1 各碳纤维纱线的毛羽指数比较分析

在固定条件(导纱结构为固定聚四氟乙烯轮结

差异较大,其中国产碳纤维 HF10-12K 的毛羽指数约为进口碳纤维 T700-12K 的毛羽指数的 10 倍。

2.3.2 碳纤维缝编织物及其复合材料力学性能比较分析

表 2 是不同碳纤维纱线和工艺路线下的所制备单轴向碳纤维缝编织物及其复合材料的拉伸性能。数据显示,(1)在缝编工艺 1(或 2)状态下,T700-12K 碳纤维的“织物拉伸强力/原纱强度(比值)”和“织物增强树脂基复合材料拉伸强度/原纱强度(比值)”分别是 HF10-12K 碳纤维的 126.8%(或 114.5%)和 123.9%(或 131.3%),表明 T700-12K 碳纤维的缝编工艺质量明显优于 HF10-12K 碳纤维缝编工艺质量;(2)缝编工艺 2 状态下的两种碳纤维的“织物拉伸强力/原纱强度(比值)”和“织物增强树脂基复合材料拉伸强度/原纱强度(比值)”均高于缝编工艺 1 状态下的对应值,表明缝编工艺技术路线对碳纤维缝编工艺质量影响较大。

表 2 单轴向碳纤维缝编织物及其复合材料的力学性能

Tab.2 Mechanical properties of uniaxial carbon stitching fabric and its composite

纤维种类	缝编工艺技术路线	织物拉伸强力/原纱强度/ $N \cdot MPa^{-1}$	复材拉伸强度/原纱强度/%
HF10-12K	1	0.645	19.7
T700-12K	1	0.818	24.4
HF10-12K	2	0.827	24.9
T700-12K	2	0.947	32.7

3 结论

(1) 国产与进口碳纤维的缝编织造工艺性差异

明显, HF10-12K 碳纤维的缝编工艺效率和质量明显低于 T700-12K 碳纤维的缝编工艺效率和质量。

(2) 缝编织物制备工艺技术对碳纤维缝编织物及其复合材料的力学性能影响较大,采用铝合金旋转轮导纱结构和主动送纱方式等,可有效提高国产碳纤维在碳纤维缝编织物制备工艺质量和工艺效率。

(3) 参数“纱线毛羽指数”、“织物拉伸强力/原纱强度(比值)”和“织物增强树脂基复合材料拉伸强度/原纱强度(比值)”可用来定量比较分析和评估各碳纤维纱线的缝编织造工艺差异性。

(4) 鉴于实际缝编工艺技术的多样性和工艺过程的复杂性,模拟测试工艺全过程状态下的碳纤维毛羽指数不现实,可先通过测试相同条件下的“纱线毛羽指数”来比较评估碳纤维自身的缝编工艺差异,必要的话,利用“织物拉伸强力/原纱强度(比值)”和“织物增强树脂基复合材料拉伸强度/原纱强度(比值)”等参数来比较评估碳纤维缝编工艺技术的差异。

参考文献

- [1] 杨建恒,等. 国产碳纤维织物织造工艺技术探讨[J]. 高科技纤维与应用,2012,37(4):35-40
- [2] 蔡建强. 缝编织物复合材料的低成本制造及应用[C]. 第十四届全国复合材料学术会议论文集(下),2006:1267-1271
- [3] 张莉,等. 纱线毛羽测试方法概述[J]. 天津纺织科技,2008(2):5-8

(编辑 任涛)