

T700 碳纤维增强树脂复合材料 性能试验研究

王再玉 喻国生 严 旭 龙国荣

(洪都航空工业集团)

摘 要 为了降低碳纤维复合材料制造成本,采用价格相对低廉的碳纤维 T700 替代 T300 作为复合材料增强相。本文主要介绍碳纤维 T700 和 T300 不同表面形态,并对其制成的复合材料力学性能进行对比试验和分析,结果表明复合材料采用碳纤维 T700 替代 T300 在方法上和试验上是可行的。

关键词 碳纤维 复合材料 试验

Research on Performance Test of T700 Carbon Fiber Resin Composite Material

Wang Zaiyu Yu Guosheng Yan Xu Long Guorong

(Hongdu Aviation Industry Group)

Abstract To reduce the fabrication cost of carbon fiber composite material, carbon fiber T300 is substituted by cheaper T700. This paper mainly introduces the surface morphologies of carbon fiber T700 and T300, and testifies that it is feasible to substitute T300 with T700 in both method and test by contrast test and analysis on mechanical property of the composite material made by T700 and T300.

Keywords Carbon fiber Composite material Test

1 概 述

高性能碳纤维增强环氧树脂基复合材料(CF/EP)由于具有高比强度、高比模量、尺寸稳定、热膨胀系数小等一系列优异特性,在航空航天高技术领域得到较为广泛的应用。

复合材料性能由纤维、基体和界面层三个主要组成部分决定,其中纤维与树脂间的界面在控制复合材料整体性能方面发挥着重要的作用。一种好的复合材料在纤维和树脂之间必须形成有效的界面层,即要求纤维和树脂间有着良好的物理和化学粘接,同时又要能进行足够的应力传递,抵制高载荷作用下的界面迅速开裂。众多碳纤维表面处理研究结果认为,纤维表面经

化学或物理方法处理后,表面粗糙,对提高界面结合强度是有利的,但过强的粘结强度易造成应力集中,对复合材料特别是碳纤维这种质脆且对损伤非常敏感材料的断裂韧性的提高是不利的。因此,要得到高强度、高韧性碳纤维复合材料其界面性能就显得非常重要。当前由于 T300 碳纤维价格昂贵,使得 T300 碳纤维复合材料的成本大大提高。为了降低成本,满足目前碳纤维复合材料的产品应用以及进一步扩大碳纤维复合材料的应用,选择一种价格相对较低廉的碳纤维作为替代显得非常迫切。碳纤维 T700 就是一种很好的替代产品,价格仅为 T300 的 1/10。本文就是对碳纤维 T700 和 T300 表面以及其复合材料断裂面进行观察和分析,并对它们制成的 CFRP 力学性能进行对比试验和分析,给设计和工艺提供试验依据。

2 试 验

2.1 主要原材料

碳纤维:T700、T300,日本东丽公司;

环氧树脂:NY9200,南昌洪都。

2.2 主要设备与仪器

电子拉力试验机:型号为 RT/50,美国 MTS 公司生产;

电子扫描显微镜:型号为 VEGATS5136XM,捷克 TESCAN 公司生产。

2.3 性能测试

CFRP 的拉伸性能、弯曲性能和层间剪切强度分别按 GB/T3354 - 1999、GB/T3356 - 1999 和 GB3357 - 1982 标准测试。所有数据均为 5 ~ 10 次实验的平均值。

3 结果与讨论

3.1 表面状态

(1)碳纤维表面状态表征

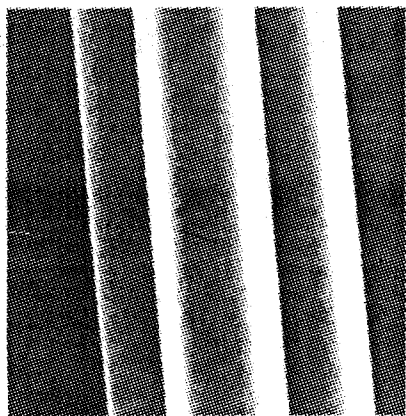


图1 T700 碳丝表面

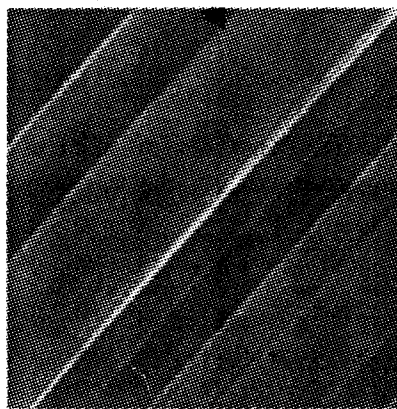


图2 T300 碳丝表面

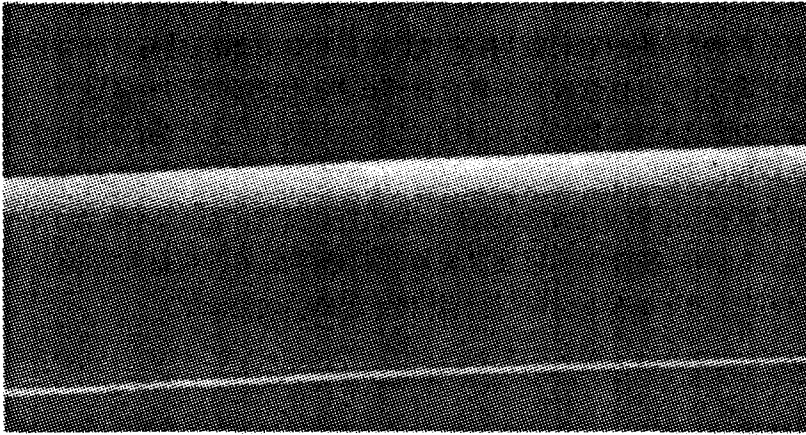


图3 T700 去浆照片



图4 T300 截面照片

扫描电子显微镜观察碳纤维的表面物理状态。在放大 10KX 时得到照片, 图 1, 图 2 分别为 T700, T300 照片。从图可以看出, T700 表面呈无沟槽状且有不均匀的絮状浆料, 这是由于其表面浆料含量高所致, 而 T300 表面有许多沿纤维轴向的沟槽, 沟槽的宽度和深度不等。T700 去浆后照片为图 3, 可见表面较光滑, 依稀可见沟槽, 可能是由于表面浆料未去除干净, 又对 T300 碳纤维的断面进行了观察(图 4), 发现纤维断面基本呈圆形, 沟槽分布均匀。因此, 在以这两种碳纤维为增强材料的复合材料中, 其界面占有不同的比例。

(2) 复合材料横截面表征

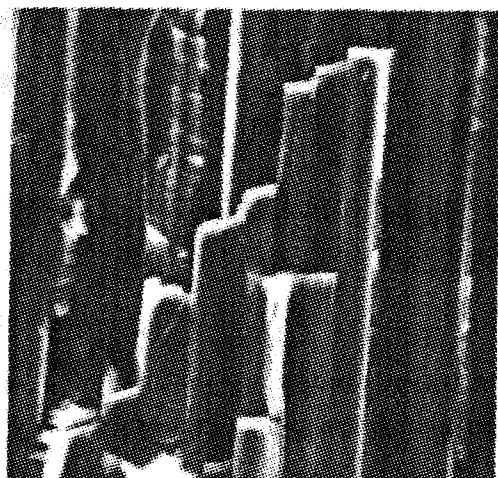


图 5 T300 复合材料拉伸横截面

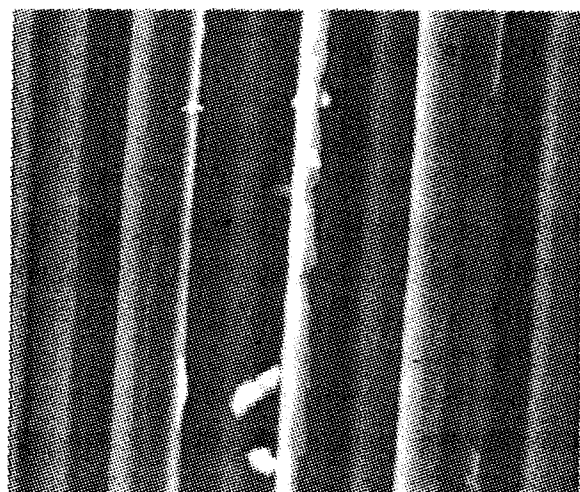


图 6 T700 复合材料拉伸横截面

图 5、图 6 为湿法制备的 T300/NY9200 与 T700/NY9200 横向拉伸断裂后的横截面的电子扫描照片。从图 5 中可以看出 T300 碳纤维被树脂完全包附,纤维有断裂痕迹,纤维周围的树脂断面有撕裂现象。而从图 6 中,我们发现 T700 碳纤维无扯断,仍保持完好无损,另外有部分碳丝表面存在未完全被胶浸润的现象。这表明 T300 与 NY9200 两种基体界面结合能力高于 T700。

3.2 复合材料力学性能

(1) 横向拉伸性能

碳纤维增强复合材料横向拉伸性能主要考察增强体和基体界面的结合情况。从附表的结

附表 力学性能试验数据

材料工艺	横向拉伸强度 (MPa)	横向拉伸模量 (GPa)	层间剪切强度 (MPa)	弯曲强度 (MPa)	弯曲模量 (GPa)
T300/NY9200(湿法)	42.0	8.90	85.50	1621	123
T700/NY9200(湿法)	20.5	7.90	74.8	1406	115
T700/NY9200(热熔)	32.4	8.71	80.1	1498	116
Y700/NY9200 改性(热熔)	47.7	9.21	78.2	1697	125
Y700/双马 5428	59.9	9.47	91.8	1924	146

果显示:同一种工艺,不同增强材料制备的 T300 增强环氧 NY9200 复合材料的横向拉伸强度高出 T700 的 51.2%,从前已述及的电镜照片表明, T300 纤维表面有明显沟槽,沟槽使得表面能增大,增加纤维与基体界面间的机械楔合作用力;同种增强材料不同种工艺制备的 T700 增强复合材料,热熔法横向拉伸强度较高,强度值为 32.4MPa;T700 增强改性后的 NY9200 树脂,其横向拉伸强度有了很大的提高,达到了 47.7MPa;T700 增强双马 5428 复合材料横向拉伸强度

比T700增强改性环氧 NY9200 高出 25.6%。

(2)层间剪切强度

层间剪切考察了复合材料层与层之间的结合性能。由附表可见,湿法 T300 增强环氧 NY9200 复合材料层间剪切强度达到了 85.5MPa,高出湿法 T700 增强环氧 NY9200 复合材料的 14.3%;热熔法制备 T700 增强环氧 NY9200 层间剪切强度比湿法 T700 增强环氧 NY9200 复合材料高 6.6%;热熔法的 T700 增强环氧 NY9200 层间剪切强度与 T700 增强改性环氧 NY9200 层间剪切强度相差很小;T700 增强双马复合材料层间剪切强度达到了 91.8MPa,高出 T700 增强改性后的 NY9200 树脂与未改性平均的 18.1%。

(3)弯曲性能

弯曲性能考察了复合材料的综合力学性能。从附表弯曲强度和弯曲模量数据可知:T700 增强双马 5428 性能最好,强度值达到了 1924MPa,模量为 146GPa;T700 增强改性环氧 NY9200 复合材料的弯曲性能比 T700 增强改性环氧 NY9200 复合材料高出 200MPa,而模量接近 10GPa,达到了现用 T300 碳纤维增强环氧 NY9200 复合材料的性能要求。

4 结 论

T700 与双马 5428CFRP 各种力学性能均占有一定的优势,但是考虑到双马树脂成型工艺比较复杂而且价格相对比较贵,在满足设计和工艺要求情况下,采用热熔法制备的 T700 增强改性 NY9200 环氧复合材料在试验上是可行的,由此可以得出以下结论:

(1) 为了降低碳纤维复合材料制造成本,采用价格相对低廉的碳纤维 T700 替代 T300 作为复合材料增强相,在设计要求的力学性能上是可以满足的。

(2) 碳纤维 T700 增强 NY9200 环氧树脂采用热熔法成型的复合材料力学性能最佳,是碳纤维 T700 替代 T300 的优先选择的成型工艺。

参 考 文 献

- 1 赵稼祥. 东丽公司碳纤维及其复合材料的进展[J]. 宇航材料工艺, 2000. (6): 53 ~ 56
- 2 余木火, 找世平, 腾翠青, 韩克清, 顾丽霞. 碳纤维表面胺基化处理提高复合材料的界面粘合性[J]. 纤维复合材料, 1999(4): 20 ~ 22
- 3 韩风, 潘鼎, 黄永秋. 电化学表面处理提高碳纤维复合材料界面性能的机理研究[J]. 化工新型材料, 2000. 28: 20 ~ 23
- 4 姜作义, 张和善. 纤维 2 树脂复合材料技术与应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 1990
- 5 郭慧玲. 几种碳纤维的表面状态表征与分析. 复合材料学报. 2001(3): 38 ~ 42

(收稿日期: 2006 - 12 - 20)

作者简介 王再玉, 女, 1978 年 12 月生, 工程师, 一直从事复合材料、橡胶等非金属材料性能试验工作。