

三维机织热塑复合材料的制作与性能

董卫国, 黄故

(天津工业大学 天津市先进纺织复合材料重点实验室, 天津 300160)

摘要 设计了一种以包芯编带纱为中间体制作三维机织热塑复合材料的方法。对复合材料的空隙率、拉伸、弯曲性能进行了实验和分析。研究表明,包芯编带纱既能满足热塑树脂的均匀渗透,又具有良好的三维织造性能;三维机织热塑复合材料的刚度较低,预拉伸工艺可以显著提高复合材料的拉伸刚度和弯曲刚度。

关键词 热塑复合材料;空隙率;力学性能;三维机织物

中图分类号:TS 105.14 文献标识码:A 文章编号:0253-9721(2005)06-0107-02

Manufacture and performance of 3D woven thermoplastic composite material

DONG Wei-Guo, HUANG Gu

(Tianjin Key Laboratory of Advanced Textile Composite Materials, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract A kind of manufacturing technology of 3D woven thermoplastic composite material was designed, and the micro-braided yarn was taken as the medium. The void content, elongation, and bending properties of the composite material were examined. The results indicated that the micro-braided yarn is suitable for even impregnation of resin and has good 3D weaving performance. Since the 3D woven thermoplastic composite material exhibits low rigidity, pre-drawing of it can remarkably improve its elongation and bending rigidity.

Key words thermoplastic composite material; void content; mechanical performance; 3D-woven fabric

三维机织物作为纺织结构复合材料的预型件,具有良好的整体性和仿型性。其抗层间剪切强度、抗冲击性、损伤容限、断裂韧性、可靠性等综合力学性能皆优于传统的层合复合材料。但是,三维织造的运动配合复杂,纱线之间的交织摩擦大,特别是玻璃纤维、碳纤维等高性能纤维的脆性较大,在加工过程中,极易被损伤。而且由于断丝和起毛,造成开口不清,为织造加工带来了极大的困难,大大限制了织造效率的发挥。本文通过设计一种由热塑纤维和增强纤维组成的混合纱线作为中间体,使其同时满足热塑树脂的均匀浸润和良好三维织造性能的要求,为高效、低成本制作三维机织复合材料提供有效途径。

1 纱线设计

以增强纤维和热塑纤维组成的混合纱作为热塑复合材料的预浸料是热塑复合材料加工技术的一次革新,它不仅低成本,而且具有良好的柔韧性,可以进行机织、针织和编织加工。研究表明,通过二维编织方法加工而成的包芯纱具有优良的耐磨性,可以满足三维高速织造和复杂成型的要求^[1]。本文采用

自行设计和开发的包芯编带纱作为制作三维机织热塑复合材料的中间体,增强纤维选用玻璃纤维(GF),热塑纤维选用丙纶纤维(PP),纱线的结构参数如表1所示。

表1 包芯编带纱的结构参数

纱线代号	包芯编带纱线密度/tex	玻璃纤维纱线密度/tex	体积比 $V_{(GF)} / V_{(PP)}$
Y_1	1 504.5	1 093.3	49/51
Y_2	905.2	460	27/73

2 三维织物设计

不同交织结构的经纬纱,在预型件中的屈曲形态不同,对材料力学性能影响较大。一般来讲,三维正交机织复合材料的力学性能较好,可满足结构材料的使用要求,具有角联锁接结结构的三维机织预型件有较好的柔性。在实验中,选用 Y_1 和 Y_2 2种规格的纱线,选用角联锁接结和变化角联锁接结2种织物组织,在织机小样机上织造3种织物 W_1 、 W_2 、 W_3 。织造过程中,纱线不起毛、开口清晰,能顺利进行连续化织造,织物成型良好。织物的组织结

构经向截面如图 1 所示,各织物的结构参数见表 2。

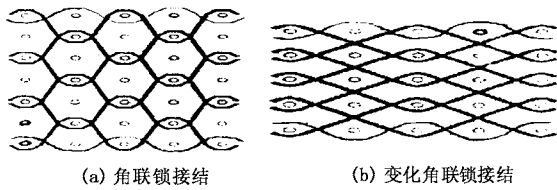


图 1 角联锁织物经向截面

表 2 织物的结构参数

试样代号	W ₁	W ₂	W ₃
纱线代号	Y ₁	Y ₂	Y ₂
织物组织	角联锁	角联锁	变化角联锁
纬纱层数	5	7	5
经密/(根·(10 cm) ⁻¹)	56.2	65.9	52
纬密/(根·(10 cm) ⁻¹)	18	20	35

3 复合固化工艺及性能测试

3.1 复合固化实验

复合固化过程是在自行设计的实验装置上完成的,该装置主要包括液压设备、模具、加热装置、温控装置。实验步骤:1)试样在烘箱中预热,使试样受热均匀,减小内外层的温差;2)在模具中加热到 170 ℃,温度决定树脂的粘度,应保证树脂既能充分地渗透,又能在加压到规定压力时树脂不外溢;3)加压到 3 MPa,保证树脂充分渗透和不外溢,加压时间以试样厚度不再减小为止;4)在模具中自然冷却。

1[#] 实验的预型件是 W₁,并经过 10% 的预拉伸,2[#]、3[#]、4[#] 实验的预型件分别为 W₂、W₃、W₄,分别得到复合材料试样 M₁、M₂、M₃、M₄。

3.2 性能测试

根据 GB 3357—78BO 玻璃钢密度测试方法,测定复合材料的密度,根据 GB 2577—81 测试复合材料的纤维含量,根据复合材料的密度和纤维含量以及增强纤维和树脂的密度计算纤维的空隙率。

根据 GB 1447—83 测试材料的拉伸性能,用 WDW-10013 型电子式万能实验机进行测试,加载速度为 2 mm/min。

根据 GB 1499—83 测试材料的弯曲性能,仪器和型号与拉伸测试相同,上压头速度采用 10 mm/min。

表 3 复合材料的空隙率及拉伸、弯曲性能

试样	拉伸强度/MPa	拉伸模量/MPa	弯曲强度/MPa	弯曲模量/MPa	空隙率/%
M ₁	94.5	13 986.82	39.8	24 178.2	4.76
M ₂	49.25	3 838.18	28.6	2 823.4	7.10
M ₃	50.1	2 415.60	44.7	3 792.4	2.70
M ₄	54.151	680.88	33.5	3 094.9	3.69

4 结 论

1)用包芯编带纱制作三维热塑复合材料不仅可以顺利地进行三维织造,而且可以获得较低空隙率的复合材料。

2)试样 M₁ 和 M₂ 的空隙率大于试样 M₃ 和 M₄,说明增强纤维的线密度对复合材料的空隙率有较大影响,增强纤维的线密度大,纱线直径大,树脂渗透距离大,树脂渗透困难。M₁ 空隙率明显小于 M₂,说明预拉伸工艺能降低复合材料的空隙率。比较 M₃ 和 M₄ 空隙率可以看出,织物组织结构对空隙率影响不明显。

3)M₁ 相对于 M₂ 而言,拉伸强度、拉伸模量、弯曲模量、弯曲强度都有显著提高,说明预拉伸工艺可以显著提高三维机织复合材料的力学性能,角联锁结构材料有较好的柔性。

参考文献:

[1] 董卫国,黄故.包芯编带纱的制造工艺及结构参数[J].纺织学报,2004,25(2):66-68.