

# 玻璃纤维/丙纶混杂 3D 机织物 及其复合材料的研制

田 伟 祝成炎 (浙江工程学院, 杭州, 310033)

**摘 要:**将玻璃纤维与丙纶采用纤维包缠混杂的方法制成所需的纱线,进而研制成 3D 机织物,并采用直接热压成型工艺制得复合材料板材。对研制成的玻璃纤维增强丙纶基复合材料板材的拉伸性能进行了测试和分析。

**关键词:**纤维混杂, 3D 机织物, 正交结构, 拉伸强度

**中图分类号:** TS106.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-7093(2003)12-0006-04

## 0 前言

将不同成分、不同性能或不同作用的纤维束按要求进行混合或并合,再由这两种或两种以上的纤维所组成的纱线织制 3D 织物,可满足复合材料的性能和特殊成型工艺的需要。本文探索采用玻璃纤维与丙纶长丝混杂制成所需纱线的方法与工艺,以及研制玻璃纤维增强丙纶基 3D 机织物及其复合材料板材的技术,最后对两种 3D 结构复合材料板材的拉伸性能进行测试和分析。

## 1 纤维混杂的主要方法与工艺技术

增强用纤维如玻璃纤维和碳纤维等与其他纤维的混杂,主要采用并合、加捻、网络和包覆等方法中的一种或几种方法来达到各种纱线组合的要求。

(1)并合与加捻。为达到所需的纱线纤度,可将纱线并合。并合工艺只需控制各股被并合纱线之间张力均匀即可。对经并合后的纱线而言,提高其耐磨性能的常规手段是加捻,通常采用各

种倍捻机进行加捻。但对纤度高(2 400 dtex)、刚度大的玻璃纤维、碳纤维等,常规的倍捻机将无法进行加捻。为此,需采用其他的工艺手段来增强纱线的耐磨性能。

(2)网络。网络通过网络喷嘴来实现,使丝线以一定的间距形成网络结点,增加纱线内各纤维之间的相互交缠以提高其耐磨性能。但在网络加工中可加工的丝线的纤度受一定的限制,其主要原因是受网络喷嘴丝道直径的限制。如丝道直径为 3 mm~4 mm 的网络喷嘴适用于 88 dtex~330 dtex 的丝线,当丝线纤度超过 330 dtex 时,则需采用丝道直径 5 mm 的网络喷嘴。但丝线纤度进一步大幅度增加时如增大至 2 400 dtex,则网络加工就在技术上不可行了,故需采用其他的方法,如包覆的方法。

(3)包覆。与网络的方法不同,包覆是采用机械的方法使纱线按照某种方式相互并合、加捻,达到组合的目的。目前包覆可在不同类型的设备上,包括环锭花式捻线机、空心锭花式捻线机、气流包覆机等。在本文中采用 HKV151B 型三只空心锭花式捻线机进行纱线的组合加工。图 1 为 HKV151B 型花式捻线机的工艺示意图。

本文为研制拉伸性能较好的 3D 机织结构复合材料,分别选用玻璃纤维和丙纶长丝作为原料,两种纱线采用无捻并合。根据纱线很粗的实际情况,对上述花式捻线机参数进行了专门的调整,并

收稿日期:2003-06-24

作者简介:田伟,女,1978 年生,在读硕士研究生。主要研究三维机织复合材料。

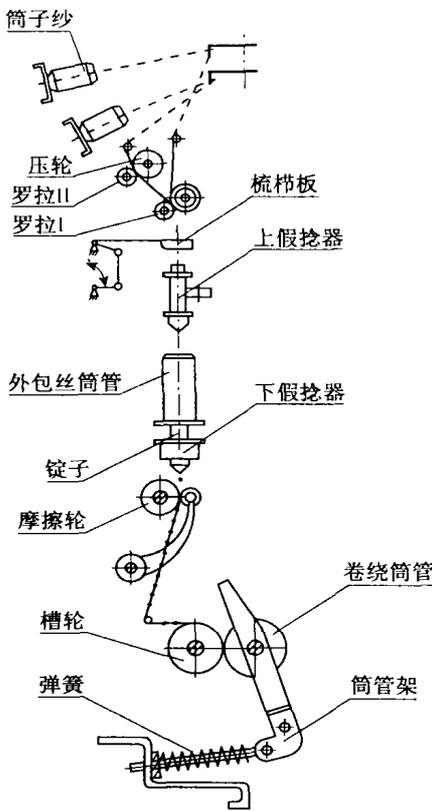


图1 HKV151B 型花式捻线机工艺示意图

进行了多次的试验,较成功地制成了所需的纱线。

## 2 玻璃纤维/丙纶混杂 3D 机织物的研制

### 2.1 原料的选择与纱线组合

本文选用无碱玻璃纤维与丙纶长丝,根据立体织物织制的需要,以上述并合、包覆工艺将其混杂形成了多种纱线,最后采用的纱线的组合为(2 160 dtex 丙纶 + 2 400 dtex 玻璃纤维)外包 360 dtex 丙纶。

如图 2 所示两种不同纱线组合的玻璃纤维/丙纶混杂的纱线,玻璃纤维长丝束与丙纶长丝并



图2 玻璃纤维长丝束与丙纶长丝包覆线

合、包覆。在图中可以看到呈伸直状态的玻璃纤维长丝束与丙纶长丝相互混合,并由呈螺旋形分布的丙纶长丝在其外部包覆以形成稳定的纱线结构。

这种纱线含有较高比例的丙纶长丝,由此制成的织物含有一定比例的丙纶。由于丙纶长丝为热塑性高分子材料,受热会熔化,冷却后又会凝固,故由这种纱线制成的织物可采用直接热压成型工艺研制玻璃纤维/丙纶复合材料。

### 2.2 3D 机织物结构与规格

3D 机织物板材预制件的结构形式有正交结构、准正交结构和角连锁结构。角连锁结构依纱线走向的不同又可分为多种,本文不用这种结构,不再赘述。

本文采用正交及准正交两种基本结构,采用 3D 织造方法<sup>[1,2]</sup>,除了经纱和纬纱外,还在织物的厚度方向增加了垂纱,经纱由经轴送出,垂纱采用专门机构引入,三组纱线均保持挺直状态,试制成了 3D 机织物。

正交结构和准正交结构如图 3 和图 4。在正交结构中经纱与纬纱的层数分别为 12 层和 13 层,在准正交结构中经纱、纬纱的层数分别为 12 层和 6 层。在这些结构中均采用了 2 根垂纱以连接各层纱线。

在研制 3D 结构机织物中,经纬纱均采用了相同的纱线组合,即(2 160 dtex 丙纶 + 2 400 dtex 玻璃纤维)外包 360 dtex 丙纶。

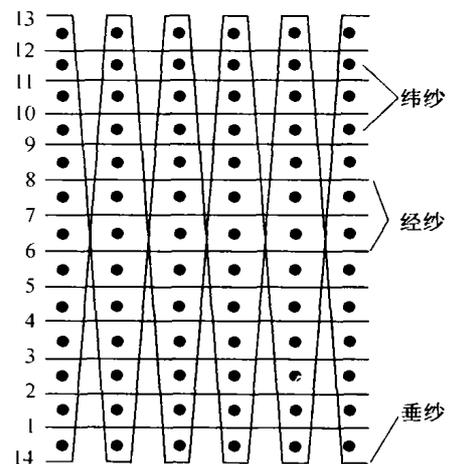


图3 正交结构经向截面图

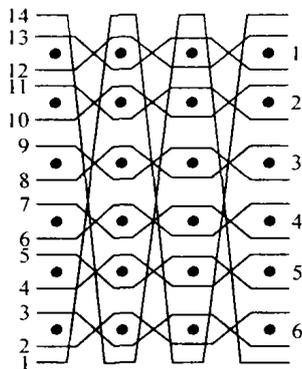


图 4 准正交结构经向截面图

### 3 玻璃纤维增强丙纶基 3D 机织复合材料的成型

热熔性纤维和增强纤维混杂纱线研制而成的 3D 机织物,只需进行热压处理即可成型。本文中玻璃纤维增强丙纶基 3D 机织物采用 XLB-DQ450 × 500 × 4 型平板硫化机进行热压成型。经过多次试验,确定了玻璃纤维/丙纶混杂的 3D 机织物的热压成型工艺过程为开始→升温→保温→降温→结束。

由于丙纶的熔点一般在 165℃ ~ 177℃ 之间,为使丙纶充分熔化,将保温温度选择在 190℃,在实际加工过程中,保温温度自动控制在 180℃ ~ 200℃ 的范围内。通过探索,保温时间取 45 min 为佳。

升温时间是指从室温升至保温温度(190℃)的时间,一般为 45 min 左右。

降温时间是指从保温温度下降至室温的时间。由于采用水循环冷却工艺,整个降温过程只需 20 min 左右。

热压成型工艺的温度、压力的控制参数见表 1 所示。

表 1 热压成型工艺参数

过程	时间(min)	温度(℃)	压力(MPa)
升温	45	室温→190	5
保温	45	180~200	5
降温	20	190→室温	5

### 4 复合材料板材的拉伸性能

由经纬纱组合,可计算出上述两种结构复合材料板材的增强纤维与基材的体积比例(玻璃纤维、丙纶的密度分别取 2.54 g/cm<sup>3</sup> 和 0.91 g/cm<sup>3</sup>),如表 2。由于采用相同比例的纱线,故在两种 3D 立体结构的复合材料板材中玻璃纤维和丙纶的体积比是相同的。

表 2 复合材料板材的纤维体积比例

玻璃纤维体积比(%)	丙纶基材体积比(%)
22.99	77.01

复合材料板材的测试采用 RTM200A 型 REGER 微机控制电子万能试验机,主要测试指标为复合材料板材的断裂强度及其拉伸弹性模量,拉伸性能测试采用纵横向(经纬向)分别测定<sup>[3]</sup>,分别依据国家标准 GB 228-87 和国家标准 GB 8653-88 中的金属杨氏模量、弦线模量、切线模量和泊松比实验方法(静态法)的有关规定进行。试样<sup>[4]</sup>如图 5 所示,试样主要尺寸为  $L = 200$  mm、 $L_0 = 100$  mm、 $L_1 = L_2 = 50$  mm、 $h = 2.4$  mm,试样宽度 15 mm,测试结果见表 3。

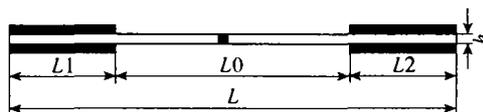


图 5 复合材料板材拉伸试验试样

表 3 复合材料板材拉伸性能测试结果

试样	试样 截面积 (mm <sup>2</sup> )	断裂 强力 (N)	抗拉 强度 (MPa)	弹性 模量 (MPa)	断 裂 伸长率 (%)	
正交	经向	36	927	25.75	1 467.77	4.71
	纬向	36	594.5	16.51	1 043.73	1.69
准正交	经向	36	815	22.64	1 525.03	2.08
	纬向	36	679	19.36	534.25	3.87

在本文的两种结构中,正交结构的断裂强度与弹性模量都较准正交结构的为大,这是因为正交结构经纬纱屈曲程度相对较小所致。同时在同一结构中经向性能优于纬向性能,这是因为经向

纤维含量大于纬向。

## 5 结论

本文探讨了玻璃纤维/丙纶长丝包缠混杂技术、3D 机织结构织制技术和复合材料板材热压成型工艺。通过对玻璃纤维增强丙纶基 3D 机织物复合材料板材拉伸性能的测试与分析可知,正交立体结构复合材料板材的断裂强度与弹性模量都比准正交结构的高,同一结构中经向性能优于纬向性能。在实际应用中,可通过改变纱线的组分及立体织物结构来提高复合材料板材的拉伸性能。

## 参 考 文 献

- [1] 汪蔚,祝成炎. 三维机织物的组织结构与设计. 浙江工程学院学报,2001,(4): 179~200
- [2] Chou S, Chen He. The Weaving Methods of Three-Dimensional Fabrics of Advanced Composite Materials. Composite Structures,1995,33: 150~172
- [3] 邓承仪,成培江. 工程材料力学实验. 北京:科学技术文献出版社,1997. 101~105
- [4] 沃丁柱等. 复合材料大全. 北京:化学工业出版社,2002. 445~447

## Manufacturing of the Glass Fibre/Polypropylene Fibre 3D Woven Fabrics and Their Composites

*Tian Wei, Zhu Chengyan* (Zhejiang Institute of Science and Technology)

**Abstract:** In this research, the required yarn is manufactured by a special yarn commingle process with glass and polypropylene filament, 3D orthogonal and pseudo-orthogonal structures are woven and the composite plate is produced by the heat-press method. The tensile properties of the glass fibre/polypropylene fibre composite plates are tested and analyzed.

**Keywords:** fiber commingle, 3D woven fabric, orthogonal structure, tensile strength

(上接第 5 页)

## The Investigation Progress on Melt-Blown Polyactic Acid Nonwovens

*Qu Yehong, Ke Qinfei* (College of Textiles, Dong Hua University)

**Abstract:** The research progress and characteristics of PLA (polylactic acid) are summarized, PLA fibers have many properties that are superior to PET fibers by comparison. The production requirements and parameters that affect the properties of the end-use products are discussed in detail, and the application fields of PLA melt-blown nonwovens are also presented. Based on investigation and re-search the problems that are occurred during its production are put forward. At the same time, some suggestions are given to solve these problems.

**Keywords:** PLA (polylactic acid), degradation, melt-blown nonwoven technology, research, progress