

纤维集合体结构对混纤型复合材料性能影响

李 龙

(西北纺织工学院 西安 710048)

摘 要 利用膨松玻璃纤维纱/聚丙烯长丝束与玻璃纤维纱/聚丙烯长丝束的并列型结构,采用单向缠绕制作玻璃纤维/聚丙烯复合材料,分析纤维集合体结构对混纤型复合材料力学性能的影响。试验得到玻璃纤维纱经适当膨松后,复合材料的弯曲性能明显提高。

关键词 纤维集合体,玻璃纤维纱,膨松,聚丙烯长丝束,复合材料

Influence of Fiber Assembly Structure on Mechanical Properties of Commingled Yarn Composites

Li Long

(Northwest Institute of Textile Science and Technology Xi'an 710048)

Abstract In order to investigate the effect of fiber assembly structure on mechanical properties of commingled yarn composites, bulked glass fiber roving/polypropylene filaments as well as glass fiber roving/polypropylene filaments are selected to manufacture unidirectional thermoplastic composites by filament winding. Experimental results show that bending properties of composites are improved obviously when glass roving is bulked appropriately.

Key words Fiber assembly, Glass roving, Bulkiness, Polypropylene filament, Composites

1 引言

长期以来,连续纤维增强热固性复合材料的研究与应用起主导地位。进入80年代,连续纤维增强热塑性塑料的研究成为国际上关注的热点课题。由于高性能热塑性基体塑料(如PEEK)具有高的熔融温度和熔融粘度,因此引起基体润湿、浸渍增强纤维以及在成型加工中基体流动的问题。为此开发了一种新的纤维增强热塑性复合材料预浸料——增强纤维与热塑性基体纤维混合而成的混纤纱。作为连续纤维增强热塑性复合材料预浸料的一种新方法,其优点可以克服高分子量聚合物浸渍的困难;两相纤维的比率能够精确控制,容易调节增强纤维和基体的比例;有良好的柔顺性,容易适应复杂形状;混纤纱可以进行机织、针织和编织加工分别形成机织物、

针织物与编织物预浸料,也可以进行单向缠绕加工单向板。目前,复合材料所用混纤纱结构有几种型式^[1~3]。为了优化混纤纱工艺与结构,本文通过利用膨松玻璃纤维纱/聚丙烯长丝束与玻璃纤维纱束/聚丙烯长丝束的并列纱型结构,采用单向缠绕制作玻璃纤维/聚丙烯复合材料,分析纤维集合体结构对混纤型纤维增强复合材料力学性能的影响。

2 单向并列纱型复合材料制作

2.1 原料

玻璃纤维纱 120 tex,单纤直径 12.5 μm,聚丙烯长丝束 167 dtx/36f。

2.2 膨松玻璃纤维纱束的加工

利用高速气流对玻璃纤维纱进行处理,得到膨松玻璃纤维纱束。

收稿日期:2000-08-15

李龙,1964年出生,博士,主要从事纤维复合材料工艺性能研究工作

2.3 并列型纱线结构

所谓并列型纱线是玻璃纤维束与聚丙烯长丝束不经过任何纺织加工进行混合,而是平行排列在一起,见图1。试验用玻璃纤维纱/聚丙烯长丝束并列纱中玻璃纤维与聚丙烯长丝的质量比50%:50%。



图1 并列型纱线截面结构简图

Fig. 1 Sketch of cross section of unidirectional commingled yarns

2.4 制作原理

增强纤维和热塑性基体纤维混纤纱加工成刚性的纤维增强热塑性复合材料是利用热塑性基体纤维可以反复熔融—结晶的物理特性,通过应用热和压力来实现的。在热作用下,基体纤维熔融为基体,借助于压力和时间使基体熔融体浸渍增强纤维以达到材料固化。正常的固化周期为:温度上升到基体纤维的熔点温度以上(通常比熔点温度高20~30

) ,使基体纤维完全转变为熔融体,施加足够的压力和时间迫使其浸渍增强纤维,除去气孔,直至材料达到完全浸渍。然后降温冷却即可得到固化的纤维增强热塑性复合材料。

2.5 制作工艺

单向复合材料制作步骤:纱线单向缠绕 单向层片 单向铺层 热压固化 单向纤维增强复合材料。制作工艺见表1。

表1 制作工艺

Tab. 1 Manufacture technology

条件	温度/	压力/MPa	时间/min
单向层片	200	0.5	5
复合材料	200	1.5	30

3 性能测试

参照 ASTM D790—81 测试标准,在 DCS—500 试验机上对单向复合材料试样进行三点弯曲试验。试样跨厚比为16。

4 试验结果与分析

玻璃纤维/聚丙烯长丝并列纱热塑性复合材料的弯曲性能见表2所示。

表2 试验结果

Tab. 2 Experimental results

材料	纵向弯曲		横向弯曲	
	强度/MPa	模量/GPa	强度/MPa	模量/MPa
膨松玻璃纤维纱/聚丙烯长丝纱复合材料	215	14	17	870
玻璃纤维纱/聚丙烯长丝纱复合材料	190	13	5	400

由表2实验结果可以看出,膨松玻璃纤维/聚丙烯长丝复合材料弯曲强度,尤其是横向弯曲强度,高于玻璃纤维/聚丙烯长丝并列纱复合材料的弯曲强度。膨松玻璃纤维/聚丙烯长丝复合材料横向弯曲强度是玻璃纤维/聚丙烯长丝并列纱复合材料横向弯曲强度的3倍。这是因为膨松玻璃纤维纱中的孔隙比玻璃纤维纱中的孔隙多,当聚丙烯长丝熔融成基体后,其浸渍性能较高,因此混纤型复合材料弯曲性能与纤维集合体的膨松性有关。

应用达西定理(Darcy's Law)^[4],对于在x方向的一维流动有:

宇航材料工艺 2001年 第3期

$$V = \frac{K_0}{\mu} \times \frac{dP}{dx} \quad (1)$$

式中:V为在x方向每单位面积的体积流动速度;K₀为渗透度;μ为基体粘度;dP/dx为压力梯度。

由式(1)可知,在一定的热加工条件下,纤维集合体渗透性决定基体通过它的速度。渗透性是多孔材料的一种性质,表征在外加压力梯度的作用下,一种流体通过多孔材料的容易程度,它是由材料的结构所决定的。按照柯兹尼理论^[5],对直径为d_f的圆形纤维,渗透系数K为:

$$K = \frac{d_f^2}{4k_z} \times \frac{3}{(1 - \quad)^2} \quad (2)$$

式中: ϕ 为孔隙率, k_z 为柯兹尼常数。

由式(2), $\frac{\partial K}{\partial \phi} = \frac{3}{2} \phi^{-2} (1 - \quad) (5 + 3) > 0$, 因此渗透系数与孔隙率成正比。

在混纤纱复合材料加工中,渗透系数表示熔融基体在压力作用下浸渍增强纤维的容易程度,其数值大小由增强纤维束结构、增强纤维的性能以及纤维体积含量等因素决定。经过特定工序开松增强纤维束,使其呈膨松状态、纤维间产生孔隙,将是提高渗透性即熔融基体湿润、浸渍增强纤维的一个重要方法。纤维束开松后,在复合材料加工中提高了基体的流动速度,使其能较完全地湿润、浸渍增强纤维,减少纤维集束区的存在,以提高复合材料性能。

5 结论

纤维集合体结构影响混纤型复合材料力学性能。玻璃纤维束经过特定工艺加工使其成为适当膨松结构的玻璃纤维集合体,可以提高基体的渗透速

度、浸渍性能,以至提高复合材料的弯曲性能。由于热塑性复合材料用混纤纱的目的之一是解决复合材料加工中基体的浸渍问题,玻璃纤维束的膨松为较好地解决这一问题提出了可行的途径,同时对复合材料用混纤纱的工艺方法优化具有实际指导价值。

参考文献

- 1 Li Long, Yu Jianyong, Wang Shanyuan. Mechanical properties of air-jet commingled yarn composites. SAMPE J., 1997; 33(6): 29
- 2 Wulforst B, Tetzlaff G, Kaldenhoff R. Production of hybrid yarn to be used in the field of fiber reinforced plastics. Technische Textilien/ Technical Textiles, 1992; 35(3): E18
- 3 高桥清久. 混纤纱 および 交织布 を用いた一方向炭素纤维/ PEEK 复合材料 の试作 と横方向引張り特性. 日本复合材料学会志, 1990; 16: 188
- 4 Karger-Kocsis J. Polypropylene: structure, blends and composites. London: Chapman & Hall, 1995
- 5 Young W B. A simplified flow model for resin transfer molding of polymer composites. SAMPE Q., 1994; 25(3): 60

(上接第 18 页)

仪器对处理前后的样品进行了分析。综合考虑,热真空处理法是更为实用的去除小分子手段。

参考文献

- 1 Whipple C L. Rubber chemistry and technology. 1966; 39: 1 247
- 2 Pavk J J. ESA., SP - 173. 1982: 9
- 3 James C Blome, Bruce E. In: Upton Proc. 11th National sample SAMPE symposium, 1967; 11: 217
- 4 Clancy H M, Shelton R V. SAMPE Journal, 1971; 7(4): 17

- 5 MSFC - SPEC - 1433, Outgassing test for non - metallic materials associated with sensitive optical surfaces in a space environment, 1987
- 6 谢建军, 潘勤敏, 潘祖仁. 聚合物脱挥研究进展. 合成橡胶工业, 1998; 21(3): 135 ~ 141
- 7 顾培韵. 聚合物系的脱挥设备. 合成橡胶工业, 1994; 17(4): 195 ~ 199
- 8 Biesenberger J A, Sebastian D H. Principles of polymerization and engineering, New York: John Wiley & Sons, 1983: 673
- 9 曹镛, 胡春野, 贝建中等. 空间级硅橡胶的研究. 特种橡胶制品, 1981; (6): 1 ~ 5