

亚麻增强热塑性树脂复合材料板材的研究与应用

张璐 黄故

(天津工业大学纺织学院, 天津 300160)

摘要 以亚麻纤维为增强体, 与聚丙烯 (PP) 纤维按一定比例进行混合, 然后制备加捻纱及 PP 长丝包覆的包覆纱, 并利用机织工艺织成二维机织布作为复合材料的预制铺层。采用层合热压方法制备 PP/亚麻纤维复合材料板材。通过对板材弯曲性能的测试及分析, 研究了制备工艺、纱线结构及亚麻纤维含量等因素对复合材料弯曲性能的影响。

关键词 亚麻纤维 聚丙烯 机织 热压 弯曲性能

天然植物纤维复合材料具有质轻、价廉、可再生和可生物降解等特点, 充分体现了环境友好性和人类亲和性, 从资源利用及环境保护的角度考虑, 不但可以作为木材的替代品, 还可以部分取代合成纤维^[1]。特别是在民用方面, 天然植物纤维复合材料作为结构材料和非结构材料已占有一定的地位^[2], 具有广阔的发展前景。

笔者选取力学性能优良的亚麻纤维作为增强体, 密度较小的聚丙烯 (PP) 作为树脂基体, 利用亚麻纤维的可纺性, 将其与 PP 纤维进行单丝级混合^[3], 然后制备加捻纱及 PP 长丝包覆的包覆纱, 采用机织的方法加工出机织布作为复合材料的预制铺层, 经过层合热压制备出 PP/亚麻纤维复合材料板材, 并对复合材料的弯曲性能进行了研究, 对其应用前景进行展望。

1 实验部分

1.1 主要原材料

亚麻纤维: 平均直径 23.19 μm , 黑龙江佳木斯佳鹏亚麻有限责任公司;

PP 纤维: 0.67 tex, 平均长度 110 mm, 山东陵县华龙化纤有限公司;

PP 长丝: 33.2 tex, 北京涤纶实验厂;

PP 纤维毡: 自制。

1.2 仪器、设备

花式捻线机: ON100030 型, 日本 Ozeki Noboru 公司;

织机: FAST-190 型, 意大利 SMIT 公司;

万能强力仪: INSTRON5567 型, 美国 Instron 公司;

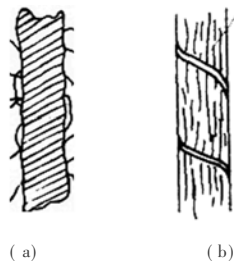
热压机: YTD71-45A 型, 天津市锻压机床厂;

电子显微镜: KYKY-2800 型, 北京科学仪器厂。

1.3 试样制备

(1) 加捻纱、包覆纱的制备

将 PP 纤维梳理成束, 然后按比例将 PP 纤维束与亚麻纤维束混合并束, 其中亚麻纤维的质量分数分别为 20%、35%、50%、60%、70%、80% 及 100%。分别用两种方法将上述线束分别纺成两组纱线: 利用环锭纺纱机纺出加捻纱, 如图 1a 所示; 引入 PP 长丝, 在花式捻线机上制备包覆纱, 如图 1b 所示。利用花式捻线机制备的包覆纱中, 纱线几乎没有被加捻, PP 长丝被引入纺纱过程, 包覆在纱线的表面。其中, 由于引入了 PP 长丝, 100% 亚麻束所纺包覆纱中亚麻纤维含量已下降, 但为方便起见, 我们仍称之为“纯”亚麻纱。



a—加捻纱; b—包覆纱
图 1 纱线结构示意图

(2) 机织布的制备

分别利用加捻纱及包覆纱作为纬纱, PP 长丝作为经纱, 织造平纹织物如图 2 所示。

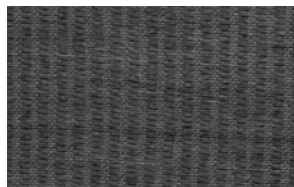


图 2 具有高度纤维同向性的亚麻平纹织物

(3) 板材试样的制备

将机织布剪切成 280 mm ×280 mm, 采用 0°/0° 的铺层方法热压成型板材。其中, 由“纯”亚麻纱机织布与 PP 纤维毡采用交替铺层的方法热压成型板材。热压成型工艺为: 先将热压板的上下板面预热到 60℃, 将铺层好的机织布放入热压机, 闭合上下热压板并施加压力至 15 MPa, 平稳升温至 190℃, 并保压 20 min, 关闭电源使其保压降至室温, 脱模后进行板材修整并制备成标准试样。

1.4 性能测试

弯曲性能按 ASTM D790 - 2003 测试, 试样的尺寸为 70 mm ×12.7 mm ×3 mm, 测试速度为 1.28 mm/min, 跨距为 48 mm, 每组试样均测试 10 次取平均值。

2 结果与讨论

2.1 包覆纱的结构

由于热塑性树脂熔体粘度大, 浸渍纤维比较困难。笔者采用混纱制备技术先将亚麻纤维和 PP 纤维进行单丝级混杂, 然后热压成型。在热压过程中, PP 熔融成为树脂基体, 在很大程度上克服了浸渍困难的问题。此外, 亚麻纤维表面毛羽很多, 较为粗糙, 摩擦系数大, 而 PP 长丝由多根复丝组成, 比较蓬松, 因此亚麻纤维极易被 PP 长丝包覆。

2.2 铺层方式对弯曲性能的影响

笔者采取了两种铺层方式制造复合材料板材: (1) 采用“纯”亚麻纱机织布与 PP 纤维毡交替铺层的方法热压成型板材, 即“三明治”法, 如图 3 所示; (2) 将 PP 纤维与亚麻纤维混纺机织布层叠铺放, 即“混纤法”, 见图 4。

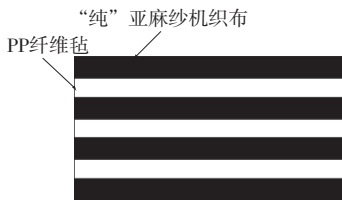


图 3 “三明治”法铺层
PP 纤维与亚麻纤维混纺机织布

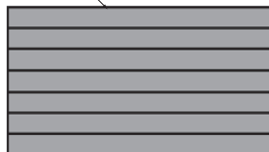


图 4 “混纤法”铺层

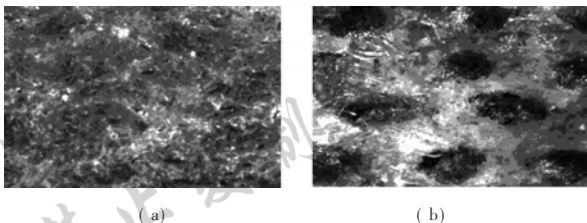
表 1 给出了采用不同铺层方式所制备复合材料板材的弯曲性能。

表 1 不同铺层方式复合材料板材的弯曲性能

项 目	加捻纱		包覆纱	
	三明治	混纤法	三明治	混纤法
亚麻纤维质量分数/%	33.0	33.5	31.0	31.2
弯曲强度/MPa	138.6	117.4	122.5	117.8
弯曲弹性模量/GPa	10.67	9.35	11.00	10.41

由表 1 可以看出, 对于加捻纱结构的复合材料, 采用“三明治”法制备的板材的弯曲强度及弯曲弹性模量比“混纤法”制备的板材分别高出约 14.11%、18.06%。对于包覆纱结构的复合材料, 两种铺层方式所制备复合材料的弯曲性能差别较小。

两种不同铺层方式制备的板材截面形态的电子显微镜照片见图 5, 两张照片均选用包覆纱结构复合材料板材进行比较。



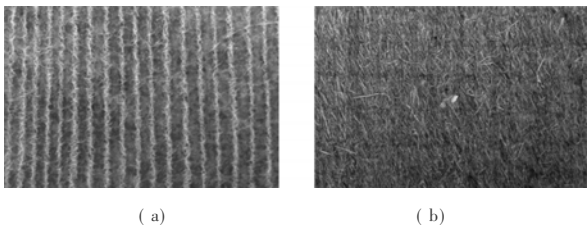
a—“混纤法”; b—“三明治”法
图 5 不同铺层方式板材截面的电子显微镜照片

从图 5 可以清楚地看出, 采用“混纤法”制备的板材中亚麻纤维均匀、独立地分布在 PP 基体中, 而“三明治”法制备的板材中亚麻纤维仍以纱线为单元分布。

2.3 纱线结构对弯曲性能的影响

亚麻纤维增强环氧树脂复合材料中, 包覆纱结构复合材料较加捻纱结构复合材料体现出更优良的力学性能^[4]。笔者研究了纱线结构对 PP/亚麻纤维复合材料弯曲性能的影响。铺层方式均选用“混纤法”。

图 6 示出由两种不同结构纱线制成的板材。由图 6 可以看出, 加捻纱结构板材仍可以清楚地看出纱线的结构。



a—加捻纱; b—包覆纱

图 6 不同结构纱线所制备板材截面的电子显微镜照片

图 7、图 8 示出不同纱线结构对板材弯曲性能的影响。从图 7 可以看出, 与加捻纱结构的板材相

比,随着纤维含量的增加,包覆纱结构板材的弯曲弹性模量呈现显著的持续增长,亚麻纤维质量分数为 20% 时,增长 22%;亚麻纤维质量分数为 45% 时,增长约 31%。这是因为在加捻纱中,纤维以纱线轴心为中心呈螺旋轨迹分布,这样的结构虽然有利于织造,但复合材料中纤维却不能全部用来承载来自纱线轴心方向的外力。在包覆纱中,全部纤维均沿着纱线轴线方向平行顺直地分布,这种结构使每根纤维都能承载来自纱线轴向的外力。

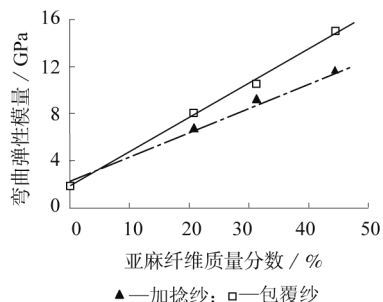


图 7 板材弯曲弹性模量随亚麻纤维含量的变化曲线

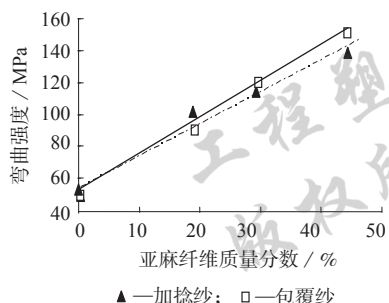


图 8 板材弯曲强度随亚麻纤维含量的变化曲线

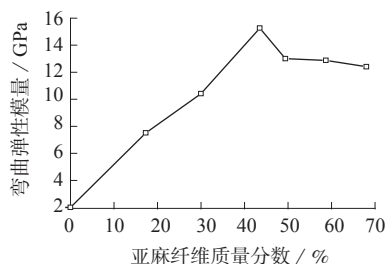
从图 8 可以看出,两种纱线结构板材的弯曲强度相差较小。当亚麻纤维质量分数为 45% 时,包覆纱结构板材的弯曲强度比加捻纱结构板材高出约 6%。当亚麻纤维质量分数为 20% 时,两者之间的差异几乎消失。

2.4 亚麻纤维含量对弯曲性能的影响

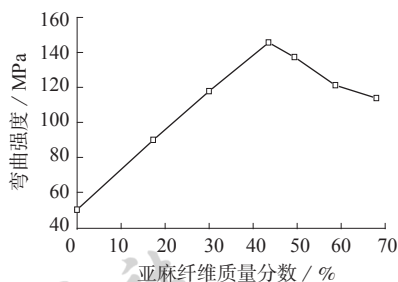
图 9 为板材弯曲性能随亚麻纤维含量变化的曲线。从图 9 可以看出,当亚麻纤维质量分数为 43.5% 时,弯曲弹性模量和弯曲强度最大。当进一步提高亚麻纤维含量时,弯曲性能降低。这是因为当亚麻纤维过多时,树脂浸润不够充分^[5],板材中出现贫树脂区及干点等瑕疵,当板材受到外力时,基体不能有效地传递外力,进而影响板材的力学性能。当亚麻纤维较少时,由于亚麻纤维对树脂基体的增强作用不够充分,板材的力学性能也大大降低。

3 应用及展望

美国 Bayer 公司与其子公司 Hennecke 公司合



(a)



(b)

a—弯曲弹性模量; b—弯曲强度

图 9 板材弯曲性能随亚麻纤维含量的变化曲线

作开发了一种利用亚麻纤维增强热塑性聚氨酯生产汽车装饰物的技术。采用树脂传递模塑工艺 (RTM) 生产壁厚仅 1.5 ~ 2.0 mm 的部件,最终比传统注塑材料生产的部件约轻 45%。

比利时 Procotex 公司在纺织品展览会上展出了一种亚麻纤维增强 PP 的生物复合材料。它使用质量分数为 50% 的亚麻纤维与 PP 纤维混合制成 2 cm 厚的毡,然后把它制成压缩平板或模压成组件用于汽车工业。复合材料存在的普遍问题是因吸水导致天然纤维损坏,而该公司生产的这种新型材料具有密闭的边缘。

亚麻类纤维复合材料的应用发展速度之快的原因,除了材料本身具有环保友好性、人类亲和性和可持续发展性以外,更主要是因为其增强产品潜在、客观的经济效益。相对于玻璃纤维及其它高性能纤维来说,亚麻类纤维的价格要低得多,可降低复合材料的制造成本。此外,随着全降解树脂的不断发展,用天然植物纤维增强全降解树脂制成的全降解复合材料可用来制备餐饮具如快餐盒、杯子及其它包装品等。由于其具有良好的环保性能,将具有更广阔的市场前景^[6]。

4 结论

(1) 采用相同纱线结构作为增强体时,“三明治”铺层制备的复合材料板材较“混纺法”法具有更优良的弯曲性能。

(2) 与加捻纱相比,包覆纱结构 PP 复合材料板

材表现出更优越的弯曲性能,由两种不同纱线结构制成的复合材料板材也体现出截然不同的外观特征。

(3) 采用混纤法以包覆纱所制备的复合材料板材,当亚麻纤维质量分数为 43.5% 时,表现出最好的弯曲性能。

(4) 由于亚麻类纤维复合材料具有良好的环保性能,将具有广阔的应用前景。

参考文献

[1] 张一甫,张长安. 苎麻落麻纤维增强热固性树脂复合材料的制备及性能研究[J]. 玻璃钢/复合材料,2002(1):13-14.

[2] 郑融,洗杏娟,叶颖薇,等. 黄麻纤维/环氧复合材料及其性能分析[J]. 复合材料学报,1995,12(1):18-20.

[3] Cartledge Helen C Y, Baillie C A. Studies of microstructural and mechanical properties of nylon/glass composite[J]. Journal of Materials Science,1999,34:5113-5126.

[4] Carpenter J, Miao M, Brorens P. Low cost composite preforms from natural fibers[J]. Advanced Materials Research,2007(2):29-30,263-266.

[5] Huang Gu, Liu Liyan. Research on tensile strength of linen/polypropylene composites with various fibre volume fractions[J]. Materials & Design,2008,29(7):1485-1488.

[6] 鲁博,张林文,曾竟成,等.天然纤维复合材料[M].北京:化学工业出版社,2005:500-501.

RESEARCH ON FLAX FIBER REINFORCED THERMOPLASTIC COMPOSITE

Zhang Lu, Huang Gu

(School of Textile and Clothing, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

ABSTRACT Flax fiber was used as reinforcing material to commingle with polypropylene (PP) fiber to realize the mixture of two materials at the stage of yarn, meanwhile, PP filaments were introduced to produce a core-spun yarn with PP/flax as core and PP filament as outer sheath. The commingled yarns were woven into 2-D fabric which was used as the prefabricated material. The composite laminates were prepared by hot press technology. The effects of manufacture technology, yarn structure and fiber weight fraction on flexural properties of composites were investigated through analyzing the flexural testing results.

KEYWORDS flax fiber, polypropylene, weaving, hot press, flexural properties

湘潭市塑料模具厂

湘潭市塑料模具厂位于美丽的湘江之畔古城湘潭市,交通便利。模具厂成立于1996年,技术力量雄厚,可为客户提供塑料产品设计、模具制造及注塑加工一条龙式的专业服务。产品加工量大,可免收模具费,欢迎广大客户惠顾。

主要产品及服务

- 塑料模具设计及产品结构的设计
- 注塑加工各种阻燃、增强、耐磨、抗静电、耐高温等工程塑料
- 用于污水处理微循环缓释曝气器(专利号:ZL200620201037.1)
- 高精密塑料直齿轮、塑料螺旋伞齿轮
- 超薄金属板冲裁及厚橡胶板冲裁
- 各种实用、廉价教学模具

地址:湖南省湘潭市人民路自力街62号 邮编:411100

联系人:张建国 手机:13973206453 电话:0732-8261055 传真:0732-8225272

E-mail: zjg8261055@163.com 网址: www.xtismj.com