

制备工艺对亚麻增强聚丙烯复合材料拉伸性能的影响

刘丽妍 黄 故

(天津工业大学纺织与服装学院, 天津 300160)

摘要 以亚麻纤维为增强体,与聚丙烯(PP)长丝进行丝束级共混,形成PP包覆亚麻的纱线结构,利用机织工艺织成二维机织布,作为复合材料的预制件。采用层合热压方法制备PP/亚麻复合材料板材。通过对板材拉伸性能测试及扫描电镜(SEM)拉伸断口形貌分析,研究了不同纤维体积分数、织造密度及织造组织等因素对复合材料拉伸性能的影响。结果表明,在选取最优热压温度与压力的条件下,纤维体积分数为50%的板材性能最优;经向密度相同时,拉伸性能随着纬向密度的增加而提高;经、纬向密度均相同时,斜纹3/1组织的板材性能最优,纬向最大拉伸强度可达92.42 MPa。

关键词 亚麻纤维 聚丙烯 机织 热压 拉伸性能

众所周知,由于资源的日益匮乏及环境污染的日趋严重,谋求人与环境和谐共存的社会成为上世纪末乃至本世纪初国内外普遍关注的问题^[1]。天然植物纤维如麻、竹、椰壳、秸秆等作为增强材料,以其质轻、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,还可以部分取代玻璃及合成纤维。特别是在民用方面,天然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],并将有广阔的发展前景。

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,通过捻合形成PP长丝包覆亚麻的纱线结构,实现了纤维与基体的丝束级均匀混合,采用机织的方法加工出机织布作为复合材料预制件,经过层合热压制备出PP/亚麻复合材料板材。

1 实验部分

1.1 原料

亚麻纤维:66.7tex,半漂,黑龙江佳木斯佳鹏亚麻有限责任公司;

PP长丝:12.5tex,北京涤纶实验厂。

1.2 仪器与设备

花式捻线机:ON100030型,日本Ozeki Noboru公司;

材料试验机:3369型,美国Instron公司;

电脑织样机:ZSW-03型,自制;

热压机:YTD71-45A型,天津市锻压机床厂;

体视显微镜:XTS30型,北京泰克仪器有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):KYKY-2800型,北京

科学仪器厂。

1.3 板材试样的制备

(1) 包覆纱线的制备

将亚麻纤维通过花式捻线机的空心锭子,保持不加捻状态,PP长丝均匀地以一定捻度缠绕包覆在亚麻纤维表面。在进行亚麻与PP的捻合时,分别以亚麻纤维体积分数为45%、50%和60%制得3种PP/亚麻包覆纱线。

(2) 二维机织布的织造

不同纤维体积分数织物的织造参数为:在经密135根/10cm、纬密100根/10cm的条件下,分别以亚麻纤维体积分数为45%、50%、60%的3种PP/亚麻包覆纱线织得纬缩为4%、幅宽约为28cm的织物。

不同密度、不同组织织物的织造参数为:采用亚麻纤维体积分数为50%的PP/亚麻包覆纱线,在经密167根/10cm、不同纬密、其它工艺不变的条件下织造。织造纬密及织物组织的对应关系如表1所示。

表1 不同纬密及组织的机织布

编号	纬密/根·(10 cm) ⁻¹	组织
平纹1	70	平纹
平纹2	85	平纹
平纹3	100	平纹
斜纹1	100	斜纹2/2
斜纹2	100	斜纹3/1

(3) 层合板试样的制备

将织得的机织布裁成尺寸为28cm×23cm的样片,铺层数为5层,铺层时各层经纬方向一致,在

热压机上进行热压。热压工艺为: 室温下将层合机织布放入平板模中, 零压时升温至 100℃, 加压至 5 MPa, 升温至 160℃, 加压至 10 MPa, 保温 15 min, 然后升温至 195℃时加压至 15 MPa, 保温 20 min, 保压降至室温, 脱模后进行板材修整并按标准裁制试样。

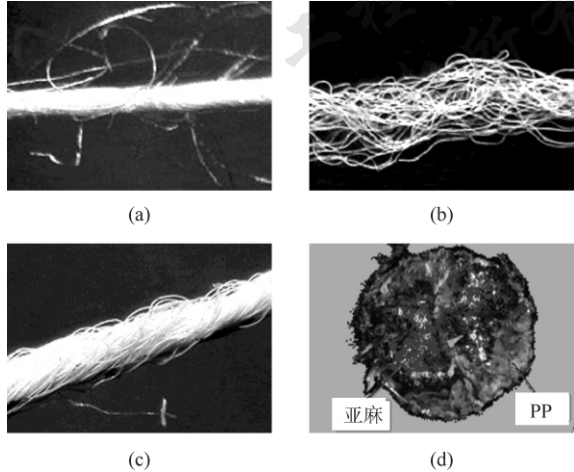
1.4 拉伸性能测试

按照 GB 1447 - 1983 进行测试。

2 结果与讨论

2.1 包覆纱线的结构

由于热塑性树脂熔体粘度大, 浸渍纤维比较困难。目前有人采用混纺纱制备技术先将增强纤维和基体纤维在单丝级混杂^[3~5], 然后再热压成型, 上述方法虽然在很大程度上克服了浸渍困难, 但存在着混纺纱制备成本较高、两种纤维很难达到理想的分散状态、制备过程中容易损伤纤维, 继而影响最终制品性能等缺点。笔者采用包覆法进行亚麻纤维和 PP 长丝混合。在热压过程中, PP 熔融成为树脂基体, 希望在降低成本的同时, 解决热塑性复合材料浸渍困难的问题。亚麻纱线、PP 长丝、包覆纱线表面及包覆纱线截面形态的体视显微镜照片见图 1。



a—亚麻纱线; b—PP 长丝; c— 包覆纱线; d— 包覆纱线截面

图 1 亚麻纱线、PP 长丝、包覆纱线表面及包覆纱线截面形态的体视显微镜照片

从图 1a 可以看出, 亚麻纱线表面有毛羽, 较为粗糙, 摩擦系数大。从图 1b 可以看出, PP 长丝由多根单丝组成, 较为蓬松。亚麻纱线和 PP 长丝的形态有利于二者之间较好的结合。从图 1c 可以看出, 包覆后亚麻纱线表面全部被 PP 长丝包缠, 毛羽状况得到改善。图 1d 为两根包覆纱线的截面放大 40 倍的形态, 为区别亚麻和 PP, 进行了染色处理。中间蓝色区域为亚麻芯纱, 周围白色部分为 PP 长丝。从图 1d 可以看出, PP 紧密包覆在亚麻纱线周围。

同时包覆结构在织造过程中对亚麻纤维起到保护作用, 避免了与机器的直接摩擦和后续加工中的损伤^[6]。连续的两组纤维均匀且紧密结合在一起, 大大缩短了浸渍中树脂流动的距离, 克服了热塑性树脂基体浸渍的困难。这样既可以达到良好的浸渍效果, 得到高品质的热塑性复合材料制品, 又可降低成型所需的压力及温度, 同时可节省生产成本, 缩短生产周期^[7]。

2.2 不同纤维体积分数对拉伸性能的影响

不同纤维体积分数 PP / 亚麻板材的拉伸性能测试结果见表 2。

表 2 不同纤维体积分数板材的拉伸性能测试结果

纤维体积分数 / %	拉伸强度 / MPa		拉伸弹性模量 / GPa		断裂伸长率 / %	
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向
45	32.31	35.77	3.88	3.97	5.60	0.56
50	52.99	89.33	5.22	8.23	3.81	1.86
60	36.22	32.16	3.58	3.12	5.65	0.85

从表 2 可以发现一条非常有趣的规律, 即除纤维体积分数为 60% 的板材外, 其它两种板材的经向拉伸强度均小于纬向拉伸强度, 其中纤维体积分数为 50% 的板材经向拉伸强度远小于纬向拉伸强度。这与织物的拉伸规律(由于经密大于纬密, 经向拉伸强度高于纬向拉伸性能) 恰恰相反。这是由于在织造过程中, 经纱屈曲较大, 这一点可以从其断裂伸长率得以证实。在受到经向载荷时, 经纱与受力方向形成一定夹角, 降低了其分担载荷的作用。同时在克服纱线的屈曲时, 会造成树脂和纤维的脱粘, 影响板材的性能, 从而使得经向拉伸强度小于纬向拉伸强度。纤维体积分数为 60% 的板材中, 由于亚麻纤维体积分数较大, 使其受到 PP 树脂的束缚相对减小, 在拉伸时, 偏向于织物特征, 使板材的经向拉伸强度稍高于纬向拉伸强度。

图 2、图 3 为复合材料板材分别在经、纬向拉伸时拉伸性能的变化曲线。从图 2、图 3 可以清楚地看出, 纤维体积分数为 50% 的板材, 其经、纬向拉伸强度、拉伸弹性模量均高于其它两种纤维体积分数的板材。这说明纤维体积分数小于 50% 时, 亚麻纤维对树脂基体的增强不够充分, 使复合材料板材性能降低。当纤维体积分数大于 50% 时, 树脂浸润纤维不够充分, 板材中会出现贫树脂区及干点等瑕疵, 同样影响板材的力学性能。

2.3 不同密度、不同组织对拉伸性能的影响

表 3 为不同密度、不同组织板材的拉伸性能测试结果。

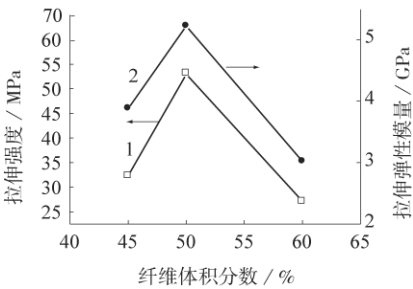


图2 不同纤维体积分数板材经向拉伸性能变化曲线

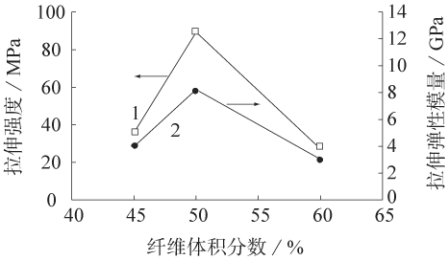


图3 不同纤维体积分数板材纬向拉伸性能变化曲线

表3 不同密度、不同组织板材拉伸性能测试结果

编号	拉伸强度 /MPa		拉伸弹性模量 /GPa		断裂伸长率 /%	
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向
平纹1	58.04	59.70	7.25	8.70	3.56	1.16
平纹2	55.40	72.50	5.54	9.18	4.55	1.29
平纹3	46.30	82.61	4.30	9.46	5.46	1.45
斜纹1	78.60	87.02	8.83	8.78	3.37	1.74
斜纹2	76.24	92.42	8.93	9.80	3.35	2.08

从表3可以看出,在经密相同的情况下,随着纬密的增加,3种平纹组织板材的经向拉伸强度及拉伸弹性模量均降低;纬向拉伸强度及拉伸弹性模量均提高。这主要是由增强体中经、纬向纱线的数量与状态决定的。由图4平纹组织板材拉伸强度-纬密变化曲线可知,随着纬密从70根/10cm逐级增加到100根/10cm,经纱与纬纱的交织频率加大,交织点增多,造成经纱屈曲程度增大,在受到经向拉伸时,载荷方向与纤维之间产生的夹角会逐渐增大,削弱了复合材料的承载能力。所以在经密确定的情况下,经向拉伸性能主要由经纱的状态决定。

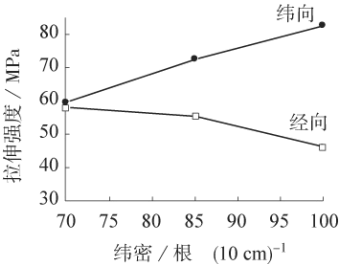


图4 平纹组织板材拉伸强度-纬密变化曲线

相对于经纱,纬纱在织造过程中箭杆引纬对其施加张力较大,打纬后纬纱屈曲程度明显小于经向,

线纱基本呈伸直状态。这一点也可以从表3断裂伸长率看出,即板材纬向断裂伸长率约为经向的30%。所以纬向拉伸性能主要由纬纱数量决定。随着纬密的增加,同样试样宽度内纬纱根数增加,纬向承力的纱线增多,由此纬向拉伸强度及拉伸弹性模量均随着纬密的增加而提高。

图5为不同组织板材拉伸强度变化曲线。从图5可看出,在经、纬密度均相同的情况下,斜纹1、斜纹2板材的经、纬向拉伸强度高于平纹3板材。这是因为对两种斜纹组织,经、纬纱的交织点少于平纹组织;斜纹3/1组织中纱线伸直状况要优于斜纹2/2组织。由此平纹3、斜纹1与斜纹2的经、纬向拉伸强度基本按序增加。其中斜纹3/1组织板材的纬向拉伸强度最大。从图5还看出,对于同一块板材,纬向拉伸强度要高于经向。虽然在测试试样宽度内,纬纱根数比经纱少,但经纱的屈曲程度较其数量在对经向的拉伸强度影响上还是占主导地位。

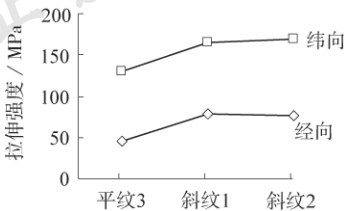
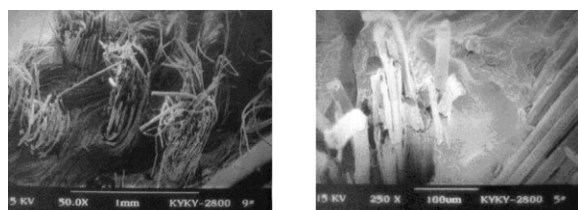


图5 不同组织板材拉伸强度变化曲线

2.4 拉伸断口形貌分析

纤维复合材料的强度不仅取决于纤维和树脂基体本身的强度,还取决于它们之间的结合强度。采用亚麻纤维增强PP所得到的复合材料和匀质的金属、塑料等不同,从微观上看,这种复合材料本身的结构就是复杂的,其骨架是亚麻纤维,基体是PP树脂。由于两种材料的特性不同,在共同组成的复合结构中,其所起的作用也不同。树脂基体使纤维粘结固定,并保护纤维,使之处于稳定状态。树脂基体在拉伸应力作用下可产生塑性移动,从而将载荷传递到纤维上,由纤维来承担载荷^[8]。图6为PP/亚麻板材试样拉伸断口的SEM照片。从图6a可以看出,经过织造及层合热压工艺后,亚麻纤维在树脂基体中分布较均匀,并且多以束状作为承力单元,增强了承载能力。从图6b可以看出,纤维和树脂结合较好,树脂紧紧包在纤维束周围并浸入纤维束内部。从断面可以看出纤维呈直立的拉断状态,说明纤维承受了大部分载荷,起到承力作用。同时树脂也受到很大的拉伸作用,有韧性断裂的痕迹。



(a) (b)
a—放大 50 倍; b—放大 250 倍

图 6 PP/亚麻板材试样拉伸断口 SEM 照片

3 结论

(1) 对于 3 种不同纤维体积分数的板材,当纤维体积分数为 50% 时,板材的拉伸性能最优。

(2) 对于同样是平纹组织的 3 种不同纬密的板材,经向拉伸性能随着纬密的增加而降低;纬向拉伸性能随着纬密的增加而提高。

(3) 对于不同组织的织物,在经、纬密度均相同的情况下,板材的拉伸性能随着纤维在板材中的伸直程度而变化,即平纹、斜纹 2/2、斜纹 3/1 组织板材的经、纬向拉伸性能按序提高;相同组织板材纬向拉伸性能优于经向。

(4) 采用亚麻纤维与 PP 长丝进行丝束级的共

混方法,可以实现增强纤维与热塑性树脂的均匀混合,二者界面的结合情况较好。

参考文献

- 1 前川善一郎. 纤维在复合材料中的应用. 纤维复合材料, 2001, 18 (1): 51
- 2 郑融, 冼杏娟, 叶颖薇, 等. 黄麻纤维/环氧复合材料及其性能分析. 复合材料学报, 1995, 12 (1): 18
- 3 Helen C Y, Cartledge, Caroline A B. Studies of microstructural and mechanical properties of nylon/glass composite. Journal of Materials Science, 1999, 34: 5 113
- 4 Mayer C, Wang X. Macro and micro-impregnation phenomena in continuous manufacturing of fabric reinforced thermoplastic composites. Composites: Part A, 1998, 29: 783
- 5 Shishoo R. Effect of processing parameters on consolidation quality of GF/PP commingled yarn based composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2000(7): 292
- 6 Hugh M K, Marchello J M, Hartuess J T, et al. Textile composites from powder-coated towpreg: Yarn treatment for braiding. 3th Int SAMPE Symp, Hampton, 1994
- 7 Bernhardtsson J, Shishoo R. Effect of processing parameters on consolidation quality of GF/PP commingled yarn based composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2000, 13: 292
- 8 沈开猷. 不饱和聚酯树脂及其应用. 北京: 化学工业出版社, 2001. 285

EFFECTS OF DIFFERENT MANUFACTURE TECHNOLOGY ON TENSILE PROPERTIES OF FLAX FIBER REINFORCED PP COMPOSITE

Liu Liyan, Huang Gu

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

ABSTRACT Polypropylene (PP) was commingled with flax fiber reinforcing material to realize the mixture of two materials at the stage of yarn. The commingled yarn was used to weave fabrics as the fabricated parts to make PP/flax composites. The composite laminates were prepared by hot-pressing technology. The effects of fiber volume fraction, woven density and fabric structure on tensile properties of composites were studied through analyzing the tensile test results and the fracture surface SEM micrographs. The results showed that the mechanical properties of composite laminates with 50% fiber volume fraction were the best after chosen the optimal hot-pressing temperature and pressure. The tensile properties increased with the increasing of woven density in fill direction when the woven density in warp direction was same. The tensile properties of composites with twill structure 3/1 were the best and the max tensile strength was 92.42 MPa in fill direction when the woven densities were identical in both fill and warp directions.

KEYWORDS flax fiber, polypropylene, weaving, hot-pressing, tensile properties

韩国儿童用品将禁用邻苯二甲酸酯类增塑剂

韩国国家科技及标准局(KATS)表示,韩国政府计划从明年起禁止在玩具和其它儿童产品中使用邻苯二甲酸酯类增塑剂。从1999年起,欧盟就曾临时禁止在儿童玩具和儿童用品中使用邻苯二甲酸二乙基己酯(DEHP)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)和邻苯二甲酸丁苄酯(BBP),并禁止在可放入口腔的儿童用品中使用邻苯二甲酸二异壬酯(DINP)、邻苯二甲酸二异癸酯(DIDP)和邻苯二甲酸二正辛酯(DNOP)。今年7月5日,欧洲议会投票通过禁止DEHP、DBP和BBP,限制DINP、DIDP和DNOP在儿童玩具和一些儿童护理品中

使用。

(广龙)

三井化学将在天津建聚氨酯装置

日本三井化学公司计划在天津建设1套1.7万t/a的聚氨酯树脂装置。该装置计划于2006年7月投产,所用原料甲苯二异氰酸酯和二苯基甲烷二异氰酸酯将从日本进口。该装置将由天津科斯莫聚氨酯有限公司经营,三井化学旗下的控股子公司——三井武田化学公司将拥有45%的股份,而且计划在2005年财政年度下半年(2005年10月~2006年3月)将所持股份提升到70%。该装置生产的聚氨酯将用于涂料和聚氨酯基粘合剂。

(童全生)