

亚麻纤维增强热固性树脂复合材料板材的研究

刘丽妍, 王瑞

(天津工业大学纺织与服装学院, 天津 300160)

摘要: 本文以亚麻纤维作为原料, 经过针刺工艺制得亚麻纤维针刺毡, 作为复合材料的增强体。通过改变纤维、热固性树脂种类, 利用真空辅助 RTM 方法及模压法制备复合材料板材。对板材进行了拉伸及弯曲性能测试, 比较了不同纤维和树脂的结合情况, 进一步阐述了板材破坏机理。

关键词: 亚麻纤维; 不饱和聚酯树脂; 环氧树脂; VARTM, 复合材料; SEM

中图分类号: TQ 327. 1 文献标识码: A 文章编号: 1003- 0999 (2004) 04- 0029- 04

1 引言

天然纤维具有生长周期短, 可生物降解, 质轻价廉及密度小等特点。目前麻、竹类纤维已大量用作木材、玻璃纤维的替代品, 增强聚合物其体^[1,2]。亚麻纤维主要产于我国北方, 资源丰富, 价格低廉。作为增强材料, 其密度较无机纤维小, 而模量和拉伸强度与无机纤维相近; 生长周期短, 加工成本低, 并且具有生物可降解性和可再生性, 对环境无污染, 适合作为复合材料的增强体。同时亚麻纤维复合材料可以广泛应用于汽车、建筑、装潢等领域, 具有广阔的发展前景。

本文选用两种亚麻纤维即经漂白处理的亚麻纤维及未处理亚麻纤维作为原料, 采用针刺的方法在同样针刺条件下制备出亚麻针刺毡, 与不饱和聚酯树脂和环氧树脂复合制备出不同的复合材料板材。通过测试其力学性能, 进行扫描电镜分析, 比较不同增强体和基体构成的复合材料的力学性能, 并进一步阐述破坏机理。

2 试验

2.1 亚麻毡的制备

未处理亚麻纤维及漂白麻纤维加 5% 的和毛水经 24h 焖麻后, 进行开松、梳理成网。铺网方式采用定重平行铺网, 定重在 1000g/m² 左右。针刺方向与铺网方向一致。针刺密度约为 35 刺/cm²。表 1 为亚麻针刺毡的具体工艺参数。具体实验方案如表 2 所示。

表 1 亚麻针刺毡工艺参数

	定量/g·m ⁻²	毡厚/mm
漂白麻	1#	1202.19
	2#	1185.98
未漂麻	3#	897.18
		5.65 6.95 4.89

收稿日期: 2004-03-16

基金项目: 天津市自然科学基金项目 (023604711)

作者简介: 刘丽妍 (1978-), 女, 在读博士, 主要从事亚麻纤维复合材料的研究。

表 2 对比实验方案

纤维毡	不饱和聚酯树脂	环氧树脂
未漂麻针刺毡	3#	-
漂白麻针刺毡	2#	1#

2.2 聚酯复合材料板材的制备

利用真空辅助树脂传递模塑法 (VARTM) 进行亚麻针刺毡/聚酯复合材料的制备。真空辅助成型工艺只需一个单面的刚性模具, 是一种新型的低成本的复合材料制件的成型技术。它是在真空状态下排除纤维增强体中的气体, 利用树脂的流动、渗透, 实现对纤维及其织物的浸渍, 并在室温下进行固化, 形成一定树脂/纤维比例的工艺方法^[3]。VARTM 方法需要控制树脂体系的粘度、反应时间及辅助树脂反应的加热时间和加热的均匀性。实验所用的树脂配方如表 3 所示。

表 3 树脂配方(室温下)

组分	不饱和 196s 过氧化甲乙酮	环烷酸钴
重量/g	100	1.2

试验流程为: 准备原料 → 清理模具 → 铺放脱脂膜、亚麻针刺毡 → 封装 → 抽真空、调配树脂 → 树脂注射 → 固化 → 板材修整。分别制备未漂麻及漂白麻/聚酯复合材料板以供测试分析之用。

2.3 环氧树脂基复合材料板的制备

由于环氧树脂高温固化的特点, 采用模压法制作漂白麻针刺毡/环氧树脂复合材料板, 要确保在树脂粘度最低时施加压力, 此时树脂流动性好, 有利于纤维毡中的气泡被流动的树脂带出, 使树脂在纤维毡中均匀地渗透。温度也是关键因素, 模压温度不能使树脂基体的固化反应过于激烈而导致温度骤变, 尤其不能造成局部反应以免发生副反应。

模压使用 YTD71-45A 型塑料制品液压机。实验过程为：室温下手糊浸润纤维毡 \rightarrow 放入压机，零压下 60℃ 温度保持 1h \rightarrow 升温至 80℃，压力 5MPa, 30min \rightarrow 升温至 120℃，压力 5MPa, 2h \rightarrow 继续升温至 150℃，压力 5MPa, 30min \rightarrow 自然冷却后脱膜。模压温度变化如图 1 所示。所用环氧树脂体系配方见表 4。

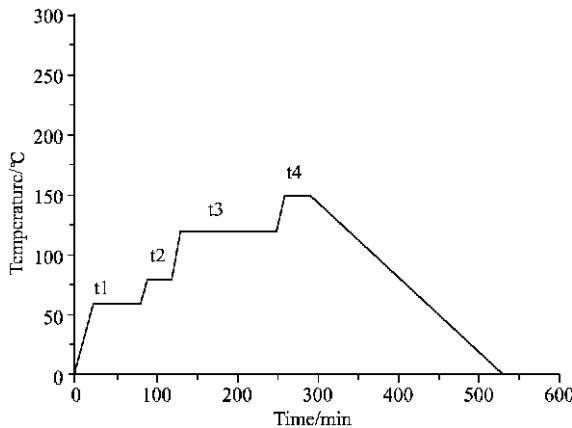


图 1 模压温度变化

表 4 环氧树脂体系配方

组分	环氧 618(E51)	邻苯二甲酸二丁酯	乙二胺
重量/g	100	10	8

3 测试结果与讨论

3.1 拉伸性能测试

参照 GB1447-83 拉伸性能实验方法，在岛津 AG-250KNE 万能材料试验机上进行了板材的拉伸性能测试。试样规格为 200×25mm, 厚度为 3.00-5.40mm, 夹持距离为 100mm, 加载速度为 2mm/min。拉伸方向为平行于针刺毡铺网方向(纵向)和垂直于针刺毡铺网方向(横向)。测试得到的典型载荷-位移曲线如图 2、3 所示。

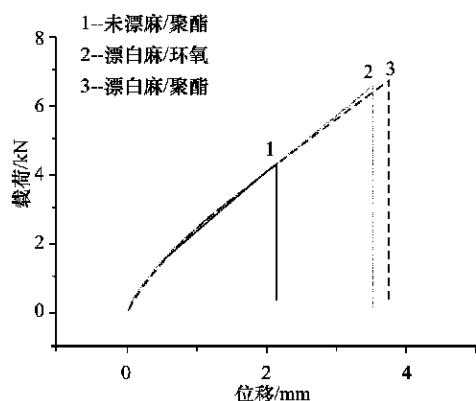


图 2 板材纵向拉伸载荷-位移

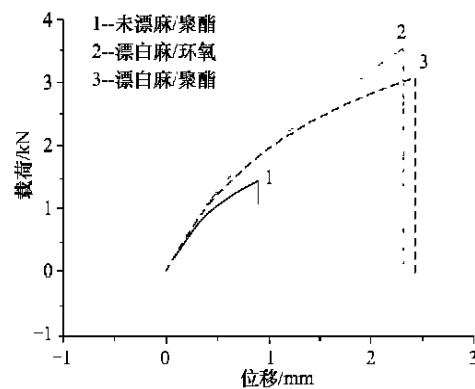


图 3 板材横向拉伸载荷-位移

从图 2、3 中可以看出，漂白麻作为增强体的复合材料板材拉伸性能好于未漂麻复合材料板材。这说明亚麻纤维经过碱处理后，进一步去除果胶，纤维表面结构形态发生变化，且多以单纤状态存在，增加了与树脂结合的机率，提高了复合材料板材的整体性，从而增强了板材的承载能力。图 2、3 中的 3 号曲线即漂白麻/聚酯板材在发生断裂时，位移最大，说明其断裂伸长较大。图中还可以看出曲线初始直线段几乎重合。这说明各板材所表现出的弹性力学行为较接近。图 3 中，2 号曲线即漂白麻/环氧板材的强力明显大于其它两种，即漂白麻/环氧树脂的横向拉伸优于其它两种。

3.2 弯曲性能测试

参照 GB1449-83 弯曲性能测试方法，在岛津 AG-25KNE 万能材料试验机上进行了板材的弯曲性能测试。测试方法为三点弯曲，试样规格为 80×15mm, 厚度大于 3mm, 跨距取为 60mm, 加载速度为 2mm/min。与拉伸测试相同，分别在纵、横两向进行弯曲测试。测试结果见图 4、5。

图 4 给出了不同工艺的板材纵向拉伸的载荷-位移曲线。从板材纵向弯曲载荷-位移曲线图可以

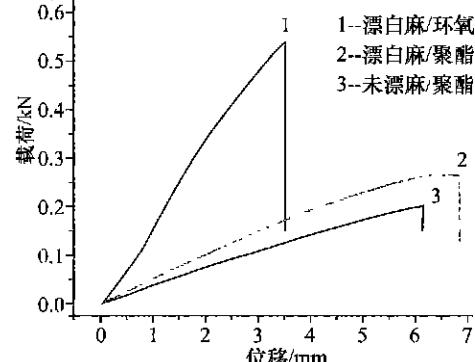


图 4 板材纵向弯曲载荷-位移

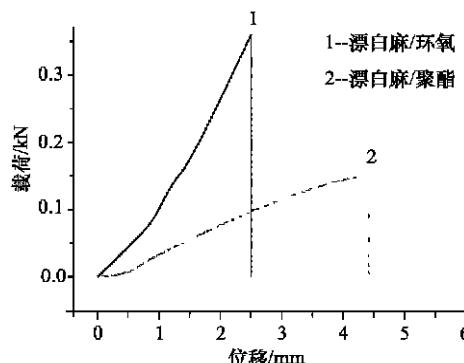


图 5 板材横向弯曲载荷-位移

看出, 漂白麻/环氧树脂板材的断裂载荷最大; 未漂麻/聚酯板材的断裂载荷最小。与拉伸性能相似, 漂白麻/聚酯板材的强力值居中。

图 5 是相同的漂白麻与不饱和聚酯及环氧树脂复合形成的板材在弯曲测试中的载荷-位移曲线。从图 5 中可以看出漂白麻/环氧树脂板材(曲线 1)的最大弯曲载荷远大于漂白麻/聚酯板材(曲线 2)的最大弯曲载荷, 曲线 1 初始直线段斜率较大, 基本呈线性增加; 曲线比较平缓断裂位移较大。二者的差异主要是由于树脂的差异及板材的制备方法所造成的。首先环氧树脂本身的拉伸以及弯曲强度高于不饱和聚酯树脂; 其次亚麻与环氧树脂的结合性较好, 使其形成的复合材料板材力学性能好于亚麻/聚酯板材的力学性能。

4 板材拉伸断口分析

复合材料的力学性能不仅取决于增强体的性能, 还取决于两种基体界面的结合情况。采用亚麻纤维针刺毡增强热固性树脂所得到的复合材料不同于匀质的金属、塑料等。从微观上看, 这种复合材料本身结构就是复杂的, 其骨架是亚麻纤维, 基体是树脂固化后形成的塑料。前者是纤维素纤维材料, 后者是高分子材料。两者在力学、热学化学等性质方面差异很大。由此而形成的结构, 其最终性能取决于两种材料自身及两者之间的表面粘结状态。本文分析了亚麻纤维复合材料板材的微观结构。

图 6, 7 分别以漂白麻/聚酯复合材料及漂白麻/环氧复合材料拉伸断面形貌。从图中发现, 纤维拔出了数量较多, 但以环氧树脂为基体的断面上的树脂与纤维脱粘的痕迹轻微, 树脂有明显的拉伸状。从图 6 可以看出, 亚麻纤维表现粘有颗粒状不饱和树脂, 树脂与纤维结合不够牢固, 拉伸断裂过程中有树脂的粉碎颗粒。图 7 中树脂表面较光滑, 以层片

状包围在亚麻纤维周围, 有韧性破坏的痕迹。

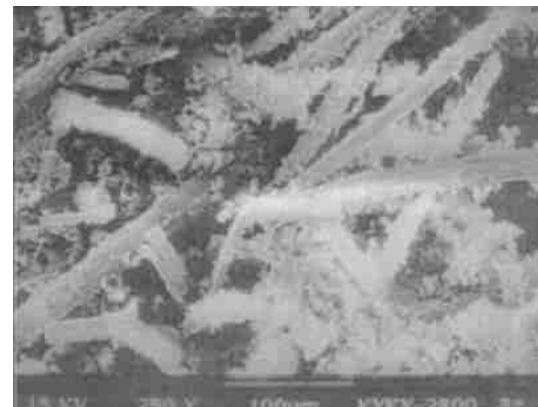


图 6 漂白麻/聚酯树脂拉伸断面

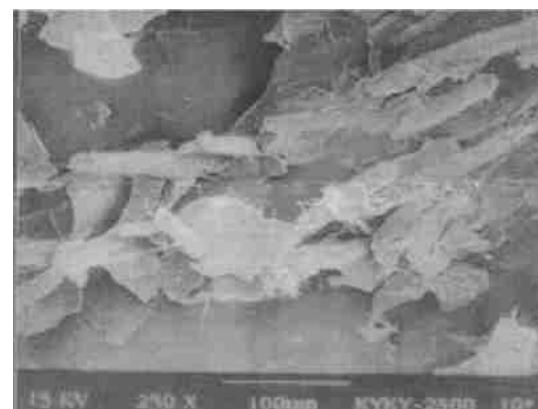


图 7 漂白麻/环氧树脂拉伸断面

图 8~10 为不同亚麻纤维及树脂的复合材料拉伸断口形貌。从图中的纤维断面均可清楚地看到亚麻纤维横截面细胞壁中的层状轮纹形结构及纤维与树脂界面结合的微观结构。从图 8 未漂麻/聚酯复合材料板拉伸断口形貌可以看到亚麻纤维与树脂结合处有缝隙, 纤维周围的树脂断面有撕裂的痕迹。



图 8 未漂麻/聚酯复合材料板拉伸断口



图 9 漂白麻/聚酯复合材料板拉伸断口

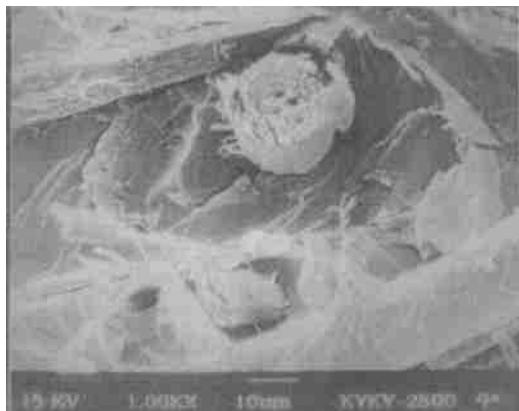


图 10 漂白麻/环氧复合材料板拉伸断口

图 9 是漂白麻/聚酯复合材料板拉伸断口形貌，有纤维拔脱后留下的孔洞。图 10 为漂白麻/环氧复合材料板拉伸断口形貌。除树脂有撕裂的痕迹外，还有基体与纤剥离后留下的纤维丝。这是树脂和纤维在脱粘时，由于结合牢固而将纤维撕裂，与环氧树脂基亚麻复合材料力学性能较优的结论相吻合。

5 结语

使用不同增强材料和树脂制备复合材料板材，经性能测试得到如下结论：经过碱处理的漂白麻纤维更易与树脂结合；漂白麻/环氧树脂复合材料板的拉伸、弯曲性能优于未漂麻/聚酯复合材料板及漂白麻/聚酯复合材料板。

参考文献

- [1] Homsby P R, Hinrichsen E, Tarverdi K. Preparation and properties of polypropylene composites reinforced with wheat and flax straw fibers[J]. Mater Sci, 1997, (2): 443-449.
- [2] 张一甫, 张长安. 芒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.
- [3] 赵渠森, 赵攀峰. 真空辅助成型工艺研究[J]. 纤复合材料, 2002, (1): 42-46.
- [4] 曾庆敦. 复合材料的细观破坏机制与强度[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 175.

RESEARCH ON FLAX FIBER REINFORCED THERMOSETTING COMPOSITE

LIU Liyan, WANG Rui

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

Abstract: The different flax fibers were used as the reinforcing material in thermosetting composites. First, the flax fibers were needle-punched and made into nonwoven fabrics. Then, flax fiber nonwoven fabrics reinforced two kinds of resins through RTM method. After making the composites, we tested the mechanical properties and compared the difference between them. At the same time, We analyzed SEM photos to give more information about the interface and broken phenomenon.

Key words: flax fiber; unsaturated resin; epoxy resin; VARTM; composites; SEM

《玻璃钢/复合材料》 编入《中文核心期刊要目总览》(第四版)

2004 年版(第四版)核心期刊评选采用了被索量、被摘量、被引量、被摘率、影响因子、获国家奖或被国内外重要检索工具收录等 7 个评价指标。参加核心期刊评审的学科专家达 1873 位。经过定量筛选和专家定性评审, 从我国正在出版的近 12000 种中文期刊中评出 1800 种核心期刊, 分属七大编 75 个学科类目。《玻璃钢/复合材料》期刊名列其中。