

研究论文

木纤维-合成纤维复合的研究

闫昊鹏, 王建军

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 通过对不同复合条件下压制的木纤维-合成纤维复合材料的研究, 探讨了木纤维的化学改性和胶粘剂的改性在木纤维-合成纤维复合过程中的作用。研究表明: 木纤维能和顺丁烯二酸酐和丁二酸酐进行酯化反应, 从而降低木纤维的表面极性, 化学改性后的木纤维能与合成纤维进行良好的复合。改性胶粘剂对表面不同极性的木纤维和合成纤维都有良好的附着作用, 可有效地改善木纤维与合成纤维的复合性能。

关键词: 复合材料; 木纤维; 合成纤维; 改性

中图分类号: TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2001)04-0009-03

Study on the Composite of Wood-synthetic Fiber

YAN Hao-peng, WANG Jian-jun

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract: In this report, by studying the composite of wood-synthetic fiber pressed with various ways, the effect of modification of wood fiber and adhesive was investigated. The results showed: wood fiber could take esterified reaction with maleic anhydride and succinic anhydride, thereby the wood surface polarity was decreased. Modified adhesive could be adhered better to the surface of materials with different surface polarity. Thus, the two ways were useful for improving the compositing between wood and synthetic fiber.

Key words: Composite; Wood fiber; Synthetic fiber; Modification

在木纤维与合成纤维复合过程中, 由于木材表面大量极性官能团的存在, 亲水性的木质材料与憎水性的热塑性材料两相之间因存在较高的界面能差, 使得木纤维很难和热塑性材料形成良好的“融合”体系^[1]。此外, 木材表面之间的氢键作用也使木纤维在热塑性材料中不能均匀分散, 从而影响了木-塑复合材料的复合性能。因此, 寻找有效途径改善木材表面的极性化程度, 降低木材表面与热塑性材料之间的界面能差, 及选择适当的胶粘剂使木-塑材料间更有效地复合, 对提高木-塑材料的复合性能意义重大。

本研究通过木材纤维酯化改性及胶粘剂塑化改性两种处理方法, 对两种纤维复合过程中所发生的物理、化学变化及纤维结合方式进行了初步研究, 探讨了两种方法对木纤维-合成纤维复合材料性能的影响, 为木-塑复合材料的深入研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

木纤维 红松(*Pinus koraiensis*), 产于吉林省松江河林业局。木片热磨条件: 磨盘间隙 0.02 mm, 蒸汽压力 0.4~0.65 MPa, 预热时间 4 min, 磨浆时间 3 min。

合成纤维 聚丙烯(Polypropylene)纤维, 北京燕山石化公司生产, 比重 0.90 g/cm³, 熔点 165~170 ℃, 断裂伸长度 18%。

胶粘剂 胶粘剂 A, 自制热固性酚醛树脂; 胶粘剂 B, 胶粘剂 A 中加入适量改性剂。

1.2 试验方法

(1) 酯化改性 以二甲基甲酰胺(N,N-dimethylformamide DMF)为溶剂, N,N-二甲基苄胺(N,N-dimethylbenzylamine)为催化剂, 将绝干木纤

收稿日期: 2000-3-22

第一作者: 闫昊鹏(1969-), 男, 中国林业科学研究院木材工业研究所助理研究员。

维分别与顺丁烯二酸酐和丁二酸酐按质量比 2:1 混合,室温下浸泡反应 72 h。反应终了,将反应混合物过滤,待纤维干燥后,以丙酮为溶剂,索氏提取改性木纤维 6 h,以除去未反应的酸酐。纤维的酯化率(%)=(酯化后纤维质量-酯化前纤维质量)/酯化前纤维质量。

(2) 板材压制 原材料配比见表 1,板材规格 300 mm×300 mm×(2.5~2.8) mm。制板工艺流程:改性木纤维(绝干)→开松→干燥→与合成纤维(聚丙烯纤维)混合→施胶→铺装→热压。热压曲线见图 1。

表 1 复合板材的原材料配比

Tab. 1 Proportion of raw material for composite

样品 编号	木纤维		胶粘剂(固)		合成纤维	
	种类	份数	种类	份数	种类	份数
S1	未改性(对照)	100	胶粘剂 A	15	聚丙烯	10
S2	丁二酸酐改性	100	胶粘剂 A	15	聚丙烯	10
S3	顺丁烯二酸酐改性	100	胶粘剂 A	15	聚丙烯	10
S4	未改性(对照)	100	胶粘剂 B	15	聚丙烯	10
S5	丁二酸酐改性	100	胶粘剂 B	15	聚丙烯	10
S6	顺丁烯二酸酐改性	100	胶粘剂 B	15	聚丙烯	10

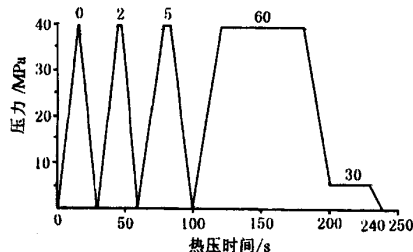


图 1 热压工艺曲线图

Fig. 1 Hot-pressing technology curve

(3) 红外光谱测定 使用 Nicolet Impact-410 型 FTIR 光谱仪,采用 KBr 压片法测定。

(4) 电镜观察 用双面刀片在复合板表层取一小样,将其分别粘在直径为 1 cm 的铝制样品台上,然后在真空镀膜机中用旋转法喷镀一层 100 Å 厚的碳膜,再喷镀一层 200 Å 厚的金膜,即可进行扫描电子显微镜观察和摄制显微照片。所用仪器为 PHILIPS 公司产 SEM505 扫描电子显微镜,观察时电镜电压为 20 kV,束斑为 100 μm,倾斜角为 15°。

2 结果讨论

2.1 木纤维的酯化改性

在相同的试验条件下,木纤维分别与顺丁烯二酸酐和丁二酸酐进行酯化反应。结果表明,其酯化率分别为 18.80% 和 27.98%,木纤维与后者反应较与前者反应容易,可能的化学反应过程如图 2a 和 2b 所示^[2,3]。

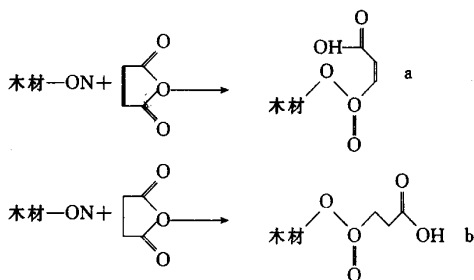


图 2 木纤维与顺丁烯二酸酐(a)和丁二酸酐(b)的反应方式
Fig. 2 Reactions between wood fiber and maleic anhydride (a) and succinic anhydride (b)

木纤维改性前后的傅立叶红外光谱变化如图 3 所示。图中 3a 为顺丁烯二酸酐改性木纤维的红外光谱, 3c 为未改性的对照木纤维红外光谱。相比之下, 3a 在 1 737 cm⁻¹ 出现较强的吸收峰,改性后木纤维有大量羰基增加,表明木纤维发生了酯化反应; 3a 中羟基峰(3 400 cm⁻¹)的变窄和 C—H 伸缩振动吸收峰(2 900 cm⁻¹)的明显分裂表明:木纤维经顺丁烯二酸酐酯化后,羟基—OH 由于部分被取代而减少,亚甲基—CH₂由于碳链引入而增加。另外,3a 中出现的 1 638 cm⁻¹ 及 1 582 cm⁻¹ 强吸收峰应归属于 C=C 伸缩振动和 C=C 骨架振动,这是由于顺丁烯二酸酐酯化木纤维后在木纤维上引入了含 C=C 官能团的碳链所致。

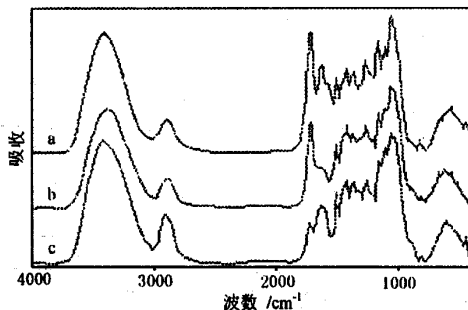


图 3 改性木纤维及未改性木纤维的红外光谱图
Fig. 3 Infra-red spectrum of modified and unmodified wood fiber

3b 为丁二酸酐改性木纤维的红外光谱图。在 1 737 cm⁻¹ 处出现较强的吸收峰来自于饱和脂肪酸酯的羰基 C=O 振动。由于丁二酸酐中没有 C=C 官能团,与 3a 相比,3b 在 1 638 cm⁻¹ 和 1 582 cm⁻¹ 处没有出现强吸收峰,与预期的试验结果相同。出现的 1 640 cm⁻¹ 的弱吸收峰与 3a 中 1 637 cm⁻¹ 吸收峰相同,归属于木纤维成分中纤维素羰基的 C=O 振动。

以上光谱研究表明,木纤维与顺丁烯二酸酐和丁二酸酐的酯化反应分别按图 2a 和 2b 进行。

2.2 复合材料压制过程中的化学变化

图 4 中 a,b,c 分别是顺丁烯二酸酐改性木纤维、丁二酸酐改性木纤维和未改性对照木纤维经胶粘剂 B 胶合而成的复合材料的傅立叶红外光谱图。比较顺丁烯二酸酐改性木纤维在复合材料压制过程前后的红外光谱图 3a 和 4a,可以发现,在 4a 中表征 C=C 伸缩振动和 C=C 骨架振动的 $1\,638\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\,582\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰较 3a 明显减弱,说明在复合材料压制过程中,顺丁烯二酸酐改性木纤维所引入的 C=C 有断开并再结合的可能,这种化学变化有利于纤维之间的相互结合。从 3b、3c 和 4b、4c 的比较可发现,它们的光谱吸收没有发生变化,说明没有引入 C=C 的丁二酸酐改性木纤维和未改性木纤维,在热压制板过程中没有发生化学变化,其纤维间的复合主要是靠物理粘合;而顺丁烯二酸酐改性木纤维在热压制板过程中由于有 C=C 的断开,其纤维间的复合包括了物理粘合和化学粘合两种方式。

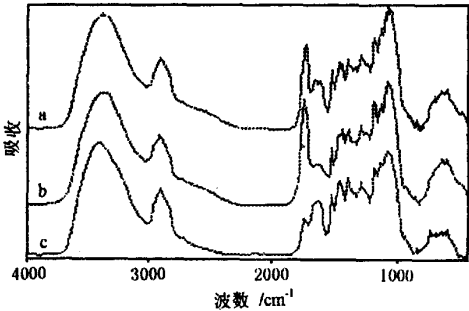


图 4 改性与未改性木纤维制成复合板材的红外光谱
Fig. 4 Infrared spectrum of composite made by modified and unmodified wood fibers

2.3 复合材料的扫描电镜观察

不同条件下压制的复合材料 S1,S2,S3,S4,S5 和 S6 的扫描电镜照片见图 5。

复合材料试板 S1,S2 和 S3 的胶合使用未改性酚醛树脂胶粘剂 A,而 S4,S5 和 S6 则使用改性胶粘剂 B。电镜观察可见,未改性木纤维压制的复合材料 S1 和 S4 的纤维表面结构清晰,纤维边界分明,纤维间结合松散;而改性木纤维压制的复合材料的纤维表面结构消失,纤维边界模糊,结合紧密。使用胶粘剂 B 的复合材料与使用胶粘剂 A 复合材料相比,纤维之间的结合更加紧密。由复合材料的内在结构说明,对木纤维进行非极性化处理和经过塑化改性的胶粘剂都有利于复合材料纤维间的有效结合。

2.4 复合材料的性能测定

不同条件下压制的复合板材的性能试验结果见表 2。

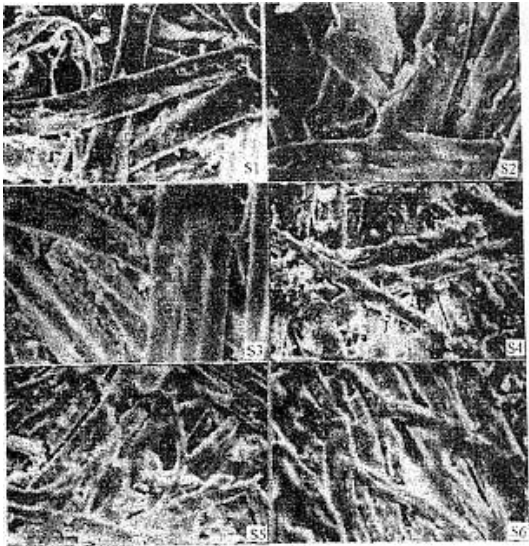


图 5 不同制板条件压制板材的扫描电镜照片
Fig. 5 Scanning electron micrographs of composite made in various conditions

表 2 不同条件下压制的复合板材的性能测试结果
Tab. 2 Properties testing results of composite made in various conditions

样品 编号	密度 g/cm ³	吸水厚度膨胀率 %	静曲强度 MPa
S1-1	0.7920	28.76	42.2
S1-2	0.8015	25.64	41.5
S1-3	0.8266	29.59	40.1
S2-1	0.9803	17.23	26.9
S2-2	0.9671	17.08	29.4
S2-3	1.0286	16.56	27.9
S3-1	0.9230	15.66	27.8
S3-2	0.8989	16.78	26.5
S4-1	0.9071	20.30	36.3
S4-2	0.8706	20.95	37.4
S4-3	0.8966	22.84	41.3
S5-1	1.0107	13.55	27.8
S5-2	0.9722	12.69	27.3
S5-3	1.0330	12.34	30.1
S6-1	0.9245	9.25	25.9
S6-2	0.9391	10.04	24.8
S6-3	0.9303	11.58	25.8

试验结果表明,使用改性木纤维压制板材的吸水厚度膨胀率大大降低,说明改性处理降低了木纤维的表面极性,提高了板材的耐水性。使用改性胶粘剂也可以降低板材的吸水厚度膨胀率,但其程度小于纤维的化学改性,这主要是由于使用改性胶粘剂只增强了纤维之间的紧密结合,而并未改变木纤维的表面极性的缘故。使用改性胶粘剂对板材的静曲强度影响不大,而用改性木纤维压制板材的静曲强度均有较大程

(下转第 18 页)

式中: a —实际物理量值,即实际输出值;

b —输出量整数论域的元素(查表得到的值);

n —整数论域元素的最大整数;

X_H, X_L —实际物理量基本论域的上、下界值。

本系统是一周期性过程控制,每个热压周期完成2/3时间时进行一次模糊推理,获得热压时间的延长或缩短。

4 结束语

本试验建立的中纤板热压时间模糊控制器已在 中纤板热压机微机控制系统中应用,取得较好效果,

(上接第11页)

度的降低,这对增加复合材料的弹性、提高复合材料的可弯曲性能是有利的^[4]。

3 结论

1)木纤维能和顺丁烯二酸酐和丁二酸酐进行酯化反应,从而降低木纤维的表面极性,化学改性后的木纤维能与合成纤维进行良好的复合。

2)改性胶粘剂B对表面极性不同的木纤维和合成纤维都有良好的附着作用,可有效地改善木纤维与合成纤维的复合能力。

产品质量稳定。但因工艺数据不足,只较粗放地实现了热压时间的模糊控制,对一些参数如含水率未予考虑。实际应用中应是一多输入、单输出的模糊控制器,因此,有待进一步研究和完善。

参考文献:

- [1] 徐咏兰,中密度纤维板制造[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [2] 景林,等. 纤维板热压机模糊控制模型的研究[J]. 福建林学院学报,1998,18(4):287~290.
- [3] 余永权,等. 单片机模糊逻辑控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1995.

参考文献:

- [1] KAJITA Hiromu. Recent Trends of Wood-based Composite Panels [J]. Wood Preservation, 1998,24(6): 2.
- [2] Banks W B. Fibre Activation and Subsequent Co-polymerisation [J]. Holzforschung, 1995, 49(2): 104~108.
- [3] Matsuda H. Preparation and Utilization of Esterified Woods Bearing Carboxyl Groups [J]. Wood Sci. Technol., 1987, 21:75~88.
- [4] 李阜东,等. 木/塑纤维复合材料力学性能平衡性初探[J]. 木材工业,1998,12(3):19~24.

邮购服务

- ◆《人造板生产质量管理与检验》 陆肖宝主编。系统介绍了人造板生产的工艺及工序控制点;标准与标准化;抽样检验;质量管理及质量保证体系;有关的人造板国家标准及质量控制的常用方法。16开207页,邮购价:25元
- ◆《制材生产技术》 孙友富主编。系统阐述了制材理论,生产工艺过程,设备使用与维修,车间流水线设计等技术问题,及木材运输与保护,锯材深加工,制材剩余物利用,锯条修整,相关国家标准及检验等。16开272页,邮购价:30元
- ◆《胶合板生产技术》 朱典想主编。系统介绍了胶合板制造理论,生产工艺、设备使用及维修,及特种胶合板的生产。16开286页,邮购价:33元
- ◆《中国红木》 2000年出版。介绍红木标准及其材质标准的制定、依据及应用,树种名称确定及真假红木识别等,是红木制品生产、经销及消费者必备参考资料。32开106页,邮购价:23元
- ◆《世界商品木材拉丁英文名称》 2000年在原书基础上增补内容后再版,是木材贸易、进口材使用者必备工具书。32开394页,精装,邮购价:60元
- ◆《东南亚热带木材》 第5次印刷,精装,邮购价:220元
- ◆《非洲热带木材》 第5次印刷,精装,邮购价:220元
- ◆《拉丁美洲热带木材》 第5次印刷,精装,邮购价:220元

联系电话:010-62889419 Fax:010-62889416 联系人:王超