

研究与开发

高温处理对木塑复合胶合板性能的影响

方露, 常亮, 郭文静, 陈勇平, 王正

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 用高温处理的杨木单板与 HDPE 薄膜制备木塑复合胶合板, 考察处理温度对木塑复合胶合板性能的影响, 并通过红外光谱、表面接触角等分析其作用机理。结果表明: 杨木单板经 130~200 °C 处理后, 表面的亲水性降低, 与 HDPE 薄膜界面的相容性改善, 有效地提高了木塑复合胶合板的胶合强度和耐水性能; 但高温处理导致单板自身强度降低, 木塑复合胶合板的静曲强度和弹性模量降低。处理温度为 160 °C 时, 木塑复合胶合板的综合性能最佳。

关键词: 杨木单板; 高温处理; 鼓风干燥箱; 高密度聚乙烯(HDPE)薄膜; 界面相容性; 性能

中图分类号: TS653.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2014)04-0005-04

Effect of High Temperature Treatment on Properties of Wood/Plastic Plywood

FANG Lu, CHANG Liang, GUO Wen-jing, CHEN Yong-ping, WANG Zheng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Poplar veneers were treated in the oven under different temperatures before high density polyethylene (HDPE) film was applied to them to manufacture plywood. The effects of treating temperatures on the physical-mechanical properties of wood-plastic plywood were investigated and the mechanism was studied by infrared spectroscopy and contact angle analysis. Results showed that the hydrophilicity decreased when poplar veneers were treated between 130 and 200 °C, which effectively improved interfacial compatibility with HDPE films and greatly improved the shear strength and water resistance of the plywood. However, because of the depolymerization of the veneers, both plywood MOR and MOE decreased after treatment. The optimum comprehensive properties of the plywood could be obtained when poplar veneers were treated at 160 °C in the oven.

Key words: poplar veneer; treating at high temperature; oven; high density polyethylene (HDPE); interfacial compatibility; properties

随着人们对居住环境安全要求的逐步提高, 以及相关环保型产品强制性标准及法案的相继出台, 对人

造板及其制品的环保性能提出了更高的要求。目前, 以塑料作为胶黏剂, 按照改进的人造板工艺制备木塑复合人造板的研究, 已经取得了一定的进展^[1-5]。木塑复合人造板具有水性能优异, 强度优良, 无甲醛释放等优点, 成为一种理想的室内装饰装修用材料, 可应用于地板、家具等多种领域。

收稿日期: 2013-08-12; 修改日期: 2014-05-20

基金项目: 农业科技成果转化资金项目“一次性压贴热塑性树脂实木复合地板制造技术”(2012GB24320589)。

作者简介: 方露(1986—), 女, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

责任作者: 王正, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

但是,亲水性的木材与疏水性的塑料相容性较差,制约了该类材料物理力学性能的提高^[6-7]。因此,对木材或塑料进行处理,或者引入合适的界面相容剂,改善二者的相容性,是提高木塑复合人造板性能的关键技术。以蒸汽、热油或惰性气体为传热介质,利用半纤维素的热解温度比纤维素低的特点,去除木质原料中半纤维素等物质的热处理法,无需使用化学药剂,对环境污染小,已成为改善木材和塑料界面相容性的重要方法之一^[8-9]。

已有研究表明^[10-11],直接利用干燥箱对木材原料进行高温加热处理,也能促进木材原料中各组分之间发生反应,降低其表面的极性。

笔者根据对木材单板形态特性的前期预试验结果,采用鼓风干燥箱对杨木单板进行预处理,考察处理温度对杨木单板表面性能及木塑复合胶合板物理力学性能的影响,以期高性能木塑复合胶合板的制备提供技术依据。

1 材料及方法

1.1 材料

1) 107 杨木(*Populus euramericana*)单板,外购,幅面为 300 mm×300 mm,厚度 1.6 mm,含水率为 6%~8%。

2) 高密度聚乙烯(HDPE)薄膜,外购,厚度 0.6 mm,密度 0.92 g/cm³。塑料薄膜裁切为与单板相同的尺寸。

1.2 主要设备与仪器

鼓风干燥箱型、热压机、恒温水浴锅、力学试验机、红外光谱测定仪(型号为 Nicolet iN 10)、接触角测定仪(OCA 20)。

1.3 木塑复合胶合板的制备

将杨木单板置于鼓风干燥箱中,根据前期试验结果,设定温度为 130、160、180、200 ℃,处理 30 min。处理后的杨木单板放入干燥器中冷却至常温后,装入自封袋备用。

制备五层结构胶合板,每两层单板之间使用两张 HDPE 薄膜。热压条件为:温度 160 ℃,时间 8 min,压力 1 MPa。热压后的胶合板立即转入冷压机中进行后处理,冷压压力与热压压力均为 1 MPa,后处理时间为 5 min。

按相同工艺条件,制备未处理的木塑复合胶合板试样,作为对照组。

1.4 性能检测

1.4.1 单板表面性能

1) 红外分析 对高温处理前后杨木单板的表面进行扫描,以研究高温处理对杨木单板表面化学性能的影响。扫描范围为 4 000~650 cm⁻¹,分辨率为 4 cm⁻¹,扫描次数为 128 次。每个样品重复 3 次。

2) 表面水接触角 选取干净的杨木单板,用 80 目的砂纸进行打磨处理,打磨后制备成长约 70 mm、宽为 10 mm 的单板条。将单板条分为 5 组,每组 5 条,一组不做处理,另外 4 组按设定的处理温度和时间进行高温处理。

采用蒸馏水测定单板表面的水接触角,每条单板选取 4 个点进行测定,即每个处理条件测定 20 个点,取平均值。

1.4.2 木塑复合胶合板理化性能

按照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测木塑复合胶合板的胶合强度(I类)、抗弯性能(静曲强度 MOR、弹性模量 MOE)、耐水性能(吸水率、吸水厚度膨胀率)。每块木塑复合胶合板上取 4 个试件,以平行检测 3 块木塑复合胶合板数据的平均值为测试结果。

2 结果与讨论

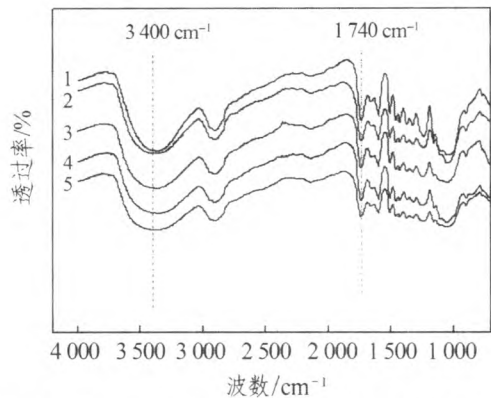
2.1 高温处理单板的表面性能

2.1.1 红外光谱分析

图 1 中曲线 1~5 分别为在 4 000~650 cm⁻¹ 范围内,对照未处理杨木单板与不同温度处理杨木单板的红外吸收光谱图。

比较图 1 中的各曲线可以看出,杨木单板处理前后并没有新的化学结构和功能性基团生成,但是,随着处理温度的升高,羟基(波数为 3 400 cm⁻¹)和羰基(波数为 1 740 cm⁻¹)基团的吸收峰强度降低,尤其以羟基吸收峰的强度变化较为明显。

这是因为在高温作用下,杨木内纤维素分子链间的游离羟基会发生“架桥”反应,形成氢键结合,使得羟基数量减少;另外,高温作用下半纤维素发生脱乙酰反应,生成酸、醛等小分子降解产物,随着这些降解产物的挥发,木材内的羰基数量也相应减少。



处理温度/℃: 1—未处理; 2—130; 3—160; 4—180; 5—200。
处理时间均为30 min。

图 1 未处理与处理杨木单板的红外光谱

Fig. 1 FTIR of control and treated poplar veneers

2.1.2 高温处理单板的表面接触角

本试验过程中多次尝试了用不同的液体,如非极性的二碘甲烷等,在单板表面进行测试,以期计算表面自由能等,但是由于在单板表面渗透过快,角度太小,无法获得数值,因此仅测定了单板的表面水接触角,用于初步分析高温处理对单板表面极性的影响。试验结果如图 2 所示。

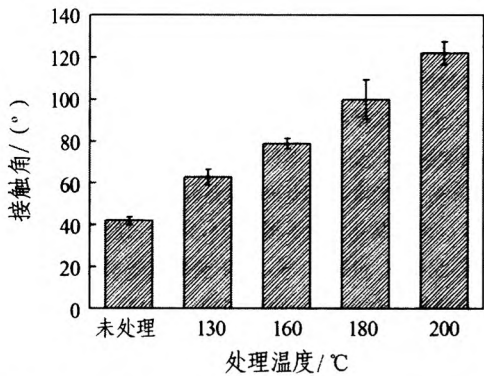


图 2 未处理与处理杨木单板的表面水接触角

Fig. 2 Contact angles of control and treated poplar veneers

图 2 结果表明,一方面,经过高温处理后,杨木单板表面羟基数量的减少以及非极性小分子降解产物的沉积,杨木单板表面的水接触角增大,单板逐渐由亲水性表面变为憎水性表面,有利于提高其与 HDPE 薄膜的相容性;

另一方面,随着处理温度的提高,单板表面水接触角增大。当处理温度为 200 ℃时,单板表面的水接触角明显高于未处理单板。

2.2 木塑复合胶合板的理化性能

2.2.1 胶合强度

如图 3 所示,与未处理单板相比,高温处理杨木单板制备的木塑复合胶合板试样的胶合强度均有不同程度的提高。这是因为杨木单板在高温作用下羟基数量减少,表面极性逐渐降低,与 HDPE 薄膜的相容性增强,因此胶合性能得到改善。

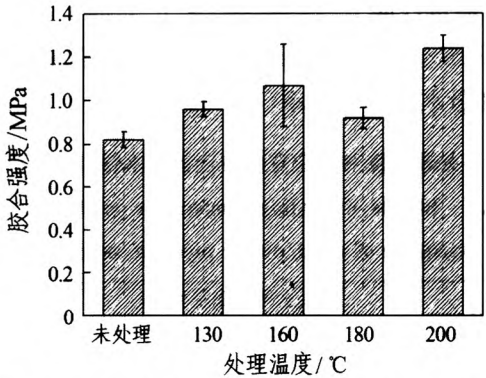


图 3 处理温度对木塑复合胶合板胶合强度的影响

Fig. 3 Effects of treating temperature on shear strength of wood/plastic plywood samples

2.2.2 抗弯性能

图 4 显示处理温度对木塑复合胶合板的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)的影响。

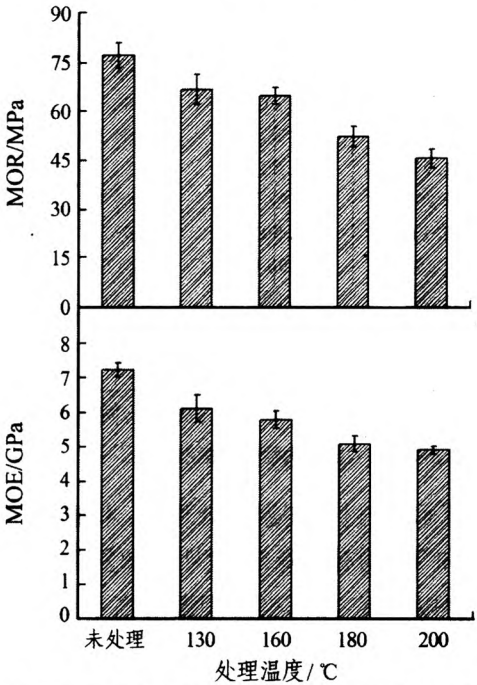


图 4 处理温度对木塑复合胶合板抗弯性能的影响

Fig. 4 Effects of treating temperature on MOR and MOE of wood/plastic plywood samples

由图 4 可以看出,与未处理对照试样相比,处理单板制备的木塑复合胶合板的 MOR 和 MOE 值均有所降低,并且,随着处理温度的升高,降低幅度增加。说明高温处理虽然可以改善杨木单板与 HDPE 薄膜的相容性,提高胶合强度,但由于单板中半纤维素等成分的降解,导致单板自身的力学性能降低,因此木塑复合胶合板的 MOR 与 MOE 值下降。

2.2.3 耐水性能

表 1 所示为处理温度对木塑复合胶合板吸水率(WA)和吸水厚度膨胀率(TS)的影响。

表 1 处理温度对木塑复合胶合板耐水性能的影响

Tab. 1 Effects of treating temperature on the water resistance of wood/plastic plywood samples

处理温度/℃	吸水厚度膨胀率/%			
	1 d	5 d	10 d	14 d
130	5.53 B (0.13)	6.03 B (0.09)	6.05 B (0.20)	6.05 B (0.35)
160	5.07 C (0.13)	5.42 C (0.18)	5.44 C (0.15)	5.44 C (0.16)
180	4.70 D (0.10)	5.07 D (0.16)	5.13 D (0.26)	5.13 D (0.22)
200	4.56 D (0.14)	4.95 D (0.07)	5.01 D (0.17)	5.01 D (0.10)
未处理	6.12 A (0.19)	6.99 A (0.15)	7.12 A (0.16)	7.12 A (0.34)
处理温度/℃	吸水率/%			
	1 d	5 d	10 d	14 d
130	64.86 A (2.86)	97.42 A (2.31)	115.88 A (1.68)	120.55 A (2.31)
160	59.89 B (4.76)	91.55 B (1.28)	108.54 B (3.54)	113.26 B (3.65)
180	58.20 B (2.14)	90.07 B (1.90)	107.05 B (2.67)	111.35 B (2.48)
200	49.33 C (1.04)	76.93 C (3.65)	93.23 C (4.14)	100.22 C (3.84)
未处理	65.81 A (4.27)	98.34 A (5.63)	116.67 A (6.16)	122.29 A (6.72)

注:采用 Duncan's multiply range test 方法分析,同一列不同字母表示显著性差异($p < 0.05$);括弧内数值为标准偏差。

表 1 显示,经过不同温度处理后,木塑复合胶合板的 WA 和 TS 均有所降低,表明木塑复合胶合板的耐水性能得以改善,尤其当处理温度高于 160 ℃ 时,WA 和 TS 降低显著;当处理温度为 200 ℃ 时,木塑复合胶合板的耐水性能最佳。

究其原因:1) 杨木单板经过高温处理后,半纤维素降解,各种抽提物迁移至单板表面或者挥发,吸水

性的羟基基团数量减少,降低了单板的亲水性和极性;2) 高温处理提高了单板与 HDPE 薄膜的相容性,吸水性较强的木材单板被疏水性的 HDPE 包覆,游离羟基减少,亦在一定程度上降低了木塑复合胶合板的吸水性。

3 结论

1) 高温处理杨木单板,能降低单板表面的亲水性,改善其与 HDPE 薄膜的界面相容性。

2) 与对照试样相比,由高温处理杨木单板制备的木塑复合胶合板的胶合强度提高,耐水性能改善,但是抗弯性能降低。本试验中杨木单板经 160 ℃ 处理 30 min 后,木塑复合胶合板的综合性能相对较好。

3) 高温处理方法虽然能够改善杨木单板与 HDPE 薄膜的界面相容性,但是同时会造成单板自身力学性能的降低。

参考文献:

- [1] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 环保型胶合板生产工艺: 中国,00134681.4[P]. 2000-12-05.
- [2] 高涛,郭文静,高黎,等. 两种形态棉秆与回收塑料制备复合板材的工艺[J]. 木材工业,2011,25(4):4-7.
- [3] 方露,常亮,郭文静,等. 高密度聚乙烯薄膜制备杨木胶合板的工艺优化分析[J]. 木材工业,2013,27(5):17-20.
- [4] 常亮,王正,郭文静,等. SiO₂ 浸渍杨木单板/低密度聚乙烯复合胶合板的制备工艺[J]. 木材工业,2014,28(2):10-13.
- [5] 方露,常亮,郭文静,等. HDPE 胶合板与脲醛树脂胶合板的性能对比[J]. 北京林业大学学报,2014,36(2):125-128.
- [6] 肖泽芳,赵林波,谢延军,等. 木材-热塑性塑料复合材料的进展[J]. 东北林业大学学报,2003,31(1):31-49.
- [7] Xie Y J, Hill C AS, Xiao Z F, et al. Silane coupling agents used for natural fiber/polymer composites: A review [J]. Composites: Part A, 2010,41(7):806-816.
- [8] Ayrlimis N, Jarusombuti S, Fueangvivat V, et al. Effect of thermal-treatment of wood fibres on properties of flat-pressed wood plastic composites[J]. Polymer Degradation and Stability, 2011,96(5):818-822.
- [9] 李向丽,董晓龙,冯彦洪. 热处理剑麻/PLA 复合材料的制备与力学性能研究[J]. 塑料科技,2012,40(8):72-75.
- [10] Follrich J, Muller U, Gindl W. Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood and a thermoplastic polymer [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2006,64(5):373-376.
- [11] 沈寒知. 热处理植物纤维/聚乳酸复合材料的制备与性能研究[D]. 广东:华南理工大学,2011.

·(责任编辑 向 琴)