

制造工艺参数对聚乙烯膜增强柚木薄木性能的影响

彭晓瑞¹, 张占宽¹, 杨旭²

(1. 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;

2. 北京霍尔茨门业股份有限公司, 北京 101113)

摘要: 以聚乙烯膜和柚木薄木为试材, 考察等离子体处理进给速度、热压温度、压力及时间等工艺参数对聚乙烯膜增强柚木薄木性能的影响。结果表明: 热压温度对柚木薄木剥离强度和横向抗拉强度的影响极显著, 等离子体处理进给速度的影响显著。在等离子体进给速度 3 m/min, 热压压力 0.8 MPa、温度 135 °C、时间 150 s 等较优条件下, 柚木薄木的剥离强度达 0.51 kN/m, 抗拉强度达 4.13 MPa, 柔韧性检测钢棒直径可小至 4 mm, 浸渍剥离达到 I 类要求。

关键词: 柚木薄木; 低密度聚乙烯膜; 柔性装饰薄木; 制造工艺参数; 等离子体; 剥离强度; 横向抗拉强度

中图分类号: TS653.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2018) 03-0005-04

Effects of Manufacturing Parameters on Performance of Teak Decorative Veneers Enhanced with Polyethylene Films

PENG Xiao-rui¹, ZHANG Zhan-kuan¹, YANG Xu²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Beijing Holzer Door Industry Co., Ltd, Beijing 101113, China)

Abstract: Flexible decorative veneers were made by low temperature plasma treatment to improve the interface between teak veneers and low density polyethylene (LDPE) films. The veneers and films were then joined by hot-pressing.

Results showed that peel strength and transverse tensile strength were most significantly impacted by hot pressing temperature followed by plasma processing speed. Optimal technology for making the veneers was 0.8 MPa of hot-pressing pressure, 135 °C of temperature, 150 s of pressure time and 3 m/min of plasma processing speed. 0.51 kN/m of peel strength, 4.13 MPa of transverse tensile strength and good flexibility of the veneers were achieved under the above manufacturing parameters.

Key words: teak veneer; LDPE film; flexible decorative veneer; manufacturing parameters; plasma; peel strength; transverse tensile strength

我国是木制品制造大国, 随着家具产业和室内装饰业的快速增长, 木材资源供需矛盾明显, 尤其

是木制品饰面用珍贵树种木材资源紧缺。以聚乙烯膜作为增强和胶黏材料加工制造一种新型塑膜增强柔性装饰薄木, 可以提高优质木材的利用率, 且生产过程无需施胶、无甲醛释放, 产品不透胶、耐水性强, 成本低, 具有良好的市场前景^[1-4]。

但是, 聚乙烯膜与装饰薄木之间的极性差异对胶合性能有不利影响^[1, 5-6], 是聚乙烯膜增强柔性装

收稿日期: 2017-09-12; 修改日期: 2018-03-16

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“木制品节材加工技术与装备研究”(2016YFD0600702)。

作者简介: 彭晓瑞(1984—), 女, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

饰薄木工业化生产的关键技术问题。柚木木材是一种常用珍贵装饰材，但因其木材中所含的脂肪、脂肪酸等亲油性物质，妨碍胶黏剂对木材表面的润湿性和物理渗透性，不利于胶合层中胶钉机械结合效应的形成，影响胶合效果^[7]。

笔者前期进行了等离子体改性装饰薄木与聚乙烯膜表面性能的研究，提出将等离子体改性预处理技术，用于聚乙烯膜和装饰薄木表面的改性处理^[6-8]，使材料表面在产生物理刻蚀的同时，生成大量活性基团，有助于提高木材界面胶合特性^[9-13]，但柚木装饰薄木表面的等离子体改性效果弱于其他树种装饰薄木。因此，笔者专门针对柚木装饰薄木，进行与聚乙烯膜热压复合的工艺参数调整，以保证其满足饰面要求^[7]，为塑膜增强柚木柔性装饰薄木的制备工艺，提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试材

柚木 (*Tectona grandis*) 装饰薄木，幅面为 210 mm×210 mm，厚度 0.2 mm，含水率 10%，平均密度 0.72 g/cm³，购于北京东坝木材厂。

LDPE 薄膜，熔融温度 125 ~130 °C，厚度 0.03 mm，密度 0.92 g/cm³，外购。

1.2 设备仪器

介质阻挡低温等离子体处理装置（由双电极构成，两电极间隙不超过 3 mm；设置放电功率 1~4 kW，最大进给速度为 10 m/min），G-12 平压热压机，MWD-w10 微机控制人造板万能力学试验机，不同直径钢棒等。

1.3 试验方法

前期研究发现，在同样等离子体进给速度和功率条件下，等离子体处理对柚木薄木表面的改性作用，明显弱于红栎、水曲柳等其他树种薄木^[8]，因此，在制备塑膜增强柚木装饰薄木时，需要重点考察热压温度、等离子体处理进给速度等工艺参数。

根据预试验结果，选取热压压力、热压温度、热压时间及等离子体处理进给速度为试验因子，每个因素 4 个水平（表 1），按 L₁₆（4⁵）进行聚乙烯膜增强柚木柔性装饰薄木制备试验^[6]，每组条件进行两次试验。

表 1 试验因素与水平

Tab.1 Experimental factors and level of decorative teak veneers enhanced with LDPE films

因素	水平			
	1	2	3	4
A 热压压力/MPa	0.4	0.6	0.8	1.0
B 热压温度/°C	125	130	135	140
C 热压时间/s	90	120	150	180
D 等离子体处理进给速度/(m·min ⁻¹)	3	4	5	6

1.4 测试与表征

以剥离强度和横向抗拉强度作为工艺优化的评价指标。参照 GB/T 2791-1995《胶黏剂 T 剥离强度试验方法 挠性材料对挠性材料》，检测剥离强度。每个试验水平下取 5 个试件，共计 90 个试件，结果取其平均值。

验证试验加测柔韧性、浸渍剥离强度^[5]。

柔韧性按照 LY/T 2879-2017《装饰微薄木》规定，将薄木裁切成 120 mm×75 mm 的试件，采用长 150 mm、直径分别为 2、4、6、8 和 10 mm 的钢棒，以试件在钢棒上卷曲破裂时的直径表征。取优化条件制备的 6 块试件进行测试，结果取平均值。

浸渍剥离强度检测按照 GB/T 15104-2006《装饰单板饰面人造板》规定，观察薄木与塑膜之间有无剥离分层现象，用钢板尺测量各边剥离长度。取优化条件制备的 6 块试件进行测试，结果取平均值。

2 结果与讨论

2.1 工艺因素的影响

图 1a、b，分别为工艺因素对聚乙烯膜增强柚木薄木剥离强度和横向抗拉强度影响的效应曲线，方差分析结果列于表 2、表 3。

表 2 与表 3 方差分析结果表明，最重要的影响因素为热压温度，对柚木薄木的剥离强度、横向抗拉强度均有极显著影响；其次为等离子体处理进给速度，对剥离强度和横向抗拉强度均有显著影响；热压压力仅对剥离强度有显著影响；热压时间对剥离强度和横向抗拉强度均无显著影响。

2.1.1 热压温度

本试验设置热压温度范围 125~140 °C，随着热压温度的提高，柚木薄木的剥离强度逐渐提高；在 135 °C 时剥离强度达到最大值。这中由于热压温度

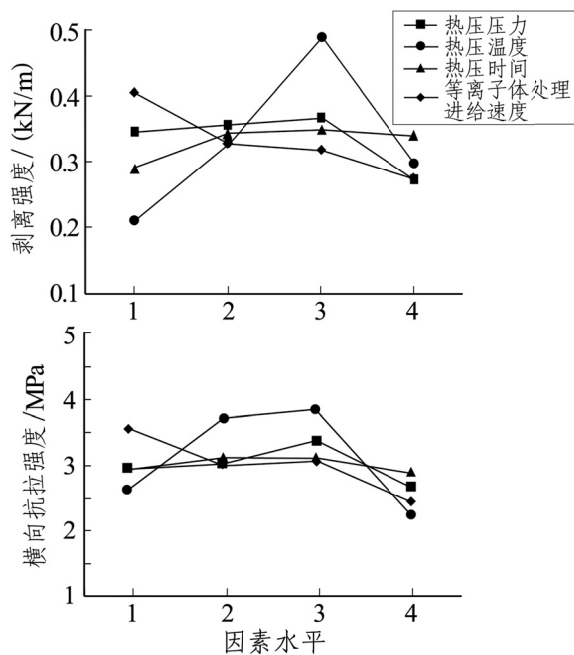


图1 工艺因素对塑膜增强柚木薄木剥离强度、横向抗拉强度的影响

Fig.1 Effect of technological factors on peel strength and transverse tensile strength of teak decorative veneers enhanced with LDPE films

表2 工艺参数对塑膜增强柚木薄木剥离强度的方差分析
Tab.2 Variance of analysis of peel strength of teak decorative veneers enhanced with LDPE films

方差来源	偏差平方和	自由度	平方和	F值	P值	显著性
A	0.019	3	0.006	9.494	0.048	**
B	0.161	3	0.054	79.519	0.002	***
C	0.009	3	0.003	4.580	0.122	
D	0.035	3	0.012	17.395	0.021	**
误差	0.002	3	0.001			
总计	1.982	16				

表3 工艺参数对塑膜增强柚木薄木横向抗拉强度的方差分析

Tab.3 Variance of analysis of transverse tensile strength of teak decorative veneers enhanced with LDPE films

方差来源	偏差平方和	自由度	平方和	F值	P值	显著性
A	0.963	3	0.321	7.197	0.070	
B	10.812	3	3.604	80.793	0.002	***
C	0.166	3	0.055	1.239	0.432	
D	2.512	3	0.837	18.733	0.019	**
误差	0.134	3	0.045			
总计	159.970	16				

升高时, LDPE 膜树脂熔融, 充分流展并渗入木材组织形成胶钉, 从而提高材料的粘接性能。当热压温度继续升高至 140 °C 时, 树脂充分熔融, 在较长时间压力作用下, 树脂渗透过度, 且木材基体强度下降, 冷却后产生较大的应力, 反而削弱了薄木的剥离强度和横向抗拉强度。

2.1.2 等离子体处理进给速度

装饰薄木和聚乙烯膜表面经等离子改性处理后, 表面接触角均减小, 表面润湿性得以改善, 同时 C 元素相对含量降低, O 元素相对含量升高, O/C 量比升高, 表面生成大量—OH、—C=O 和—O—C=O 基团, 有利于两者的界面胶合。

随着等离子体处理进给速度从 6 m/min 降低至 3 m/min, 处理时间延长, —OH 含量先呈增加趋势, 之后趋于稳定, —C=O 变化不大, 而更多的基团被氧化成—O—C=O, 这些放电过程中生成的含氧极性基团, 对于提高装饰薄木与塑膜的表面润湿性和粘接性起到积极作用。而且, 当等离子体处理进给速度为 3 m/min 时, 等离子体处理时间相对最长, 试样表面 O 元素的含量增大且达到平衡, 塑膜树脂熔融渗透性好且分布均匀, 塑膜与薄木之间“胶钉”结构最稳定, 从而提高了聚乙烯膜增强柚木薄木的剥离强度和横向抗拉强度。

2.1.3 热压压力

当热压压力为 0.4~0.8 MPa 时, 热压压力的增大, 促成塑膜充分渗透进入装饰薄木细胞结构中, 形成稳定的胶钉结构; 当热压压力继续增至 1 MPa 时, 基体刚性下降, 剥离强度有所下降。

随着压力的增大, 柚木薄木的横向抗拉强度有些波动, 但变化较平稳。与红栎和花梨薄木相比, 柚木薄木所需的热压压力相对较大, 约 0.8 MPa。

2.2 优化工艺参数分析

由表 2 结果可知: 以剥离强度为评价指标时, 热压温度的影响为极显著、等离子体处理进给速度和热压压力的影响为显著, 优化工艺组合为 $A_3B_3C_3D_1$, 即热压压力 0.8 MPa, 热压温度 135 °C, 热压时间 150 s, 等离子体处理进给速度 3 m/min。

由表 3 结果可知: 以横向抗拉强度为评价指标时, 热压温度的影响极显著, 等离子体处理进给速度的影响显著, 热压压力和时间影响相对较小, 优

化工艺组合为 $A_3B_3C_2D_1$ ，即热压压力 0.8 MPa、温度 135 °C、时间 120 s，等离子体处理进给速度 3 m/min。

由于热压时间本身对聚乙烯膜增强柚木薄木的剥离强度和横纹抗拉强度影响较小。当热压时间为 150 s 时，柚木薄木的剥离强度最优且相对稳定；而在热压时间为 120 和 150 s 条件下，柚木薄木的横向抗拉强度差异极小，均能达到相对最优状态。故为保证剥离强度，确定最优工艺参数为：热压压力 0.8 MPa，热压温度 135 °C，热压时间 150 s，等离子体处理进给速度为 3 m/min。

与前期研究优化的聚乙烯膜增强红栎、花梨等柔性装饰薄木的制备工艺参数相比，柚木薄木的等离子体进给速度需放慢^[6,8]，即等离子体处理时间较长，热压温度亦明显提高，热压压力相对较大。

采用以上优化工艺条件，制备聚乙烯膜增强柚木装饰薄木试样 24 件，其性能检测结果为：剥离强度 0.51 kN/m；横向抗拉强度 4.12 MPa；钢棒卷曲直径至 4 mm，柔韧性优良；浸渍剥离性能试验达到 GB/T 15104-2006 中 I 类浸渍剥离试验要求。

3 结论

1) 柚木木材中含有脂肪、脂肪酸等亲油性物质，妨碍塑膜对装饰薄木表面的润湿性和物理渗透性。通过胶合前进行等离子体改性预处理，可使柚木薄木的表面粗糙度增加，侵填体析出，改善其与聚乙烯膜的界面胶合性能。

2) 在本研究范围内，聚乙烯膜增强柚木薄木的较优工艺参数为：等离子体处理进给速度 3 m/min；热压压力 0.8 MPa、温度 135 °C、时间 150 s。

3) 较优工艺制备的聚乙烯膜增强柚木薄木，柔韧性优良，钢棒卷曲直径可低至 4 mm；剥离强度 0.51 kN/m，横向抗拉强度达 4.12 MPa，浸渍剥离性能达到 GB/T 15104-2006 中 I 类要求。

参考文献：

- [1] 张占宽, 彭晓瑞, 张德文. 一种柔性复合薄木及其加工方法: 中国, ZL201410013628.5[P]. 2016-08-17.
- [2] 曾志高. 柔性装饰薄木制造工艺及应用技术研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2003: 1-31.
- [3] 彭晓瑞, 张占宽. 柔性装饰薄木制备的现状与发展[J]. 木材工业, 2016, 30(6): 23-26.
- [4] Kim B S, B H Chun, Lee W I, et al. Effect of plasma treatment on the wood flour for wood flour/PP composites[J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2009, 22(1): 21-28.
- [5] 彭晓瑞, 张占宽. 塑膜增强柔性装饰薄木的制备工艺及性能研究[J]. 木材工业, 2017, 31(1): 50-53.
- [6] 彭晓瑞, 张占宽. 等离子体改性制备塑膜增强柔性装饰薄木工艺[J]. 木材工业, 2017, 31(3): 49-53.
- [7] 饶丽敏, 李伊乐, 张宏健. 柚木苯醇抽提物对西南桦木材 MUF 胶合效果的影响[J]. 西部林业科学, 2010, 39(2): 42-45.
- [8] 彭晓瑞. 等离子体改性聚乙烯膜增强柔性装饰薄木制备工艺与性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2017.
- [9] Fang L, Chang L, Guo W J, et al. Influence of silane surface modification of veneer on interfacial adhesion of wood-plastic plywood[J]. Applied Surface Science, 2014(288): 682-689.
- [10] Wolkenhauer A, Militz H, Viöl W. Increased PVA-glue adhesion on particle board and fiber board by plasma treatment [J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2008, 66(2): 143-145.
- [11] Wolkenhauer A, Avramidis G, Hauswald E, et al. Plasma treatment of wood-plastic composites to enhance their adhesion properties[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2008, 22(16): 2025-2037.
- [12] Aydin I. Activation of wood surfaces for glue bonds by mechanical pre-treatment and its effects on some properties of veneer surfaces and plywood panels[J]. Applied Surface Science, 2004, 233(1-4): 268-274.
- [13] Daniela Altgen, Georg Avramidis, Wolfgang Viöl, et al. The effect of air plasma treatment at atmospheric pressure on thermally modified wood surfaces[J]. Wood Sci and Tech, 2016(6): 1227-1241.

(责任编辑 向琴)

行业简讯

木竹建筑工作委员会成立

国家对建筑物节能减排的日益重视和国外现代木结构产品及技术的大量引入和转化，为我国木结构建筑行业提供了巨大的发展机遇。为促进木竹建筑的快速发展，适应行业建设规模经济化、产品品牌化、研发自主化、管理信息化的需求，2018年4月3日，中国城市科学研究会与中国林产工业协会联合成立了“木竹建筑工业委员会”，来自政府主

管部门、协会、科研、高校及企业的嘉宾出席。

工作委员会旨在协调有志于木竹结构建筑产业发展的地方政府、主管部门、企事业单位和专业人员，通过系列活动，实现资源对接，提升地方政府宏观决策能力，推动地方经济和产业升级；为科研、高校、设计、施工、开发单位及优秀个人提供成果转化和发展平台，促进产业发展。

本刊讯