

研究开发

高密度聚乙烯膜制备杨木胶合板的 工艺优化分析

方露, 常亮, 郭文静, 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: 以高密度聚乙烯薄膜为胶黏剂制备无甲醛杨木胶合板, 采用响应面方法优化胶合板的制备工艺。结果表明: 热压温度、热压时间、薄膜用量对胶合板的胶合强度均有显著影响, 热压温度和时间对胶合强度的交互影响显著。在优化工艺条件下制备的胶合板, 胶合强度达 1.68 MPa, 满足标准 GB/T 9846.3-2004 中 II 类胶合板的使用要求。

关键词: 杨木胶合板; 木塑复合胶合板; 高密度聚乙烯薄膜; 响应面法; 胶合强度

中图分类号: TS653.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2013)05-0017-04

Analysis of Optimization Manufacturing Technology of Poplar Plywood Glued with High Density Polyethylene Film

FANG Lu, CHANG Liang, GUO Wen-jing, WANG Zheng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: High density polyethylene (HDPE) film was used as adhesive to make formaldehyde-free Poplar plywood. Response Surface Methodology (RSM) was used to optimize the processing technology for the plywood. The authors found that the bonding strength of the plywood was affected greatly by pressing temperature, pressing time as well as the film usage. The interaction effects between the pressing temperature and time were significant. The plywood bonding strength could reach 1.68 MPa under the optimum processing conditions as following: 152 °C of pressing temperature, 1.1 mm/min of pressing time, 264.92 g/m² of film usage, and could meet the requirement for type II plywood according to the National Standard of GB/T 9846.3-2004.

Key words: Poplar plywood; wood-plastic plywood; high density polyethylene (HDPE) film; Response Surface Methodology(RSM); bonding strength

随着人们环保意识的增强, 对人造板产品的安全、环保指标提出更高的要求, 低甲醛及无甲醛人造

板的开发, 成为行业的研究热点。目前已开发的环保型胶黏剂^[1-4], 如异氰酸酯胶、大豆基胶、淀粉胶等, 可以制造无甲醛或低甲醛含量的环境友好型胶合板, 但均因生产成本低或产品耐水性差等原因, 尚未能大量推广使用。

热塑性树脂是一种不含甲醛的聚合物, 将其作为木材胶黏剂使用, 可以从根源上杜绝游离甲醛的污

收稿日期: 2013-03-20; 修改日期: 2013-08-09

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项重大项目“杨木产业资源材培育及新产品开发关键技术研究”(20100400410)。

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。

通讯作者: 王正, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

染^[5-6]。早在 20 世纪 90 年代初,中国林科院木材工业研究所就开展了各种热塑性树脂人造板的研究工作^[7-9],在热塑性树脂刨花板(又称木塑复合刨花板)的制造技术方面取得了一定的成果,现已建成多个示范生产线。但关于热塑性树脂与木材单板直接复合,制备热塑性树脂胶合板(又称木塑复合胶合板)的技术研究还不够成熟,在制造工艺和设备研发等方面有待做大量的研究工作。

笔者选用高密度聚乙烯(High density polyethylene, HDPE)薄膜作为胶黏剂,制备杨木胶合板,并采用响应面试验对胶合板的制备工艺进行优化,旨为新型无醛木塑复合胶合板的制备,提供技术支持。

1 材料及方法

1.1 试验材料

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

HDPE 薄膜: 外购, 厚度 0.06 mm, 密度 0.92 g/cm³, 熔融温度 130 ℃, 幅面与单板相同。

1.2 试验设备

热压机, 恒温水浴箱, 微机控制电子式人造板试验机。

1.3 试验设计

在前期单因素试验中发现, 热压压力对胶合板胶合强度的影响很小, 因此, 本研究确定采用 3 因素 3 水平的响应面分析方法, 重点考察热压温度、热压时间和薄膜用量对胶合板胶合强度的影响。试验因子及水平见表 1, 每组试验重复三次。

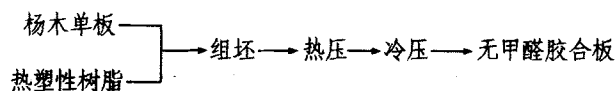
表 1 试验因子及水平

Tab. 1 Experimental factors and levels

变量因子	水平		
	-1	0	1
A 热压温度/℃	140	155	170
B 热压时间/(min·mm ⁻¹)	0.4	0.8	1.2
C 薄膜用量/(g·m ⁻²)	61.61	184.83	308.05

1.4 胶合板制备

与传统胶合板加工工艺相比, 以 HDPE 薄膜为胶黏剂制备杨木胶合板, 无需涂胶或拌胶工序, 但热压后的板材要进行冷压处理。其生产工艺流程为:



将 HDPE 薄膜均匀地铺装在每两层单板之间, 制备五层结构胶合板。热压后的胶合板立即转入冷压机中进行冷压处理。热压压力与冷压压力均固定为 1 MPa, 冷压时间为 5 min。

1.5 性能测试

依据 GB/T 9846.3-2004《胶合板 第 3 部分: 普通胶合板通用技术条件要求》, 按照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》中 II 类胶合板的检测方法, 检测试板的胶合强度, 加载速度为 5 mm/min, 每块试板取 6 个试件, 结果取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 响应面试验的结果分析

不同因素水平下, 杨木胶合板的胶合强度测试结果列于表 2。

表 2 HDPE 薄膜复合杨木胶合板的胶合强度

Tab. 2 Bonding strength of Poplar plywood bonded with HDPE

试验号	因子与水平			胶合强度/MPa		试验号	因子与水平			胶合强度/MPa
	A	B	C				A	B	C	
1	1	-1	0	1.42		10	0	-1	-1	0.99
2	0	0	0	1.52		11	0	0	0	1.53
3	0	1	1	1.52		12	-1	1	0	1.43
4	0	-1	1	1.38		13	-1	0	1	1.14
5	-1	-1	0	0.38		14	-1	0	-1	0.78
6	1	1	0	1.00		15	0	1	-1	1.07
7	0	0	0	1.51		16	0	0	0	1.53
8	1	0	1	1.31		17	1	0	-1	0.97
9	0	0	0	1.52						

利用 Design Expert 统计分析软件对表 2 中数据分析, 得到试板胶合强度与各工艺因素拟合的二阶回归方程:

$$Y = 1.52 + 0.12A + 0.11B + 0.19C - 0.37AB - 6 \times 10^{-3}AC + 0.015BC - 0.33A^2 - 0.14B^2 - 0.15C^2$$

式中: Y—胶合强度, MPa; A—热压温度编码值; B—热压时间编码值; C—HDPE 用量编码值。

表 3 为回归模型的方差分析结果。

由表 3 可知, 该模型能够解释 98.23% 的变化, 试验设计方法及模型可靠、有效、稳定性好, 适用于对不同试验条件下制备的胶合板的胶合强度进行分析与预测。

表 3 回归模型的方差分析

Tab. 3 Variance of analysis for regression model

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	1.72	9	0.19	43.16	<0.0001	显著
A	0.12	1	0.12	26.55	0.0013	**
B	0.090	1	0.090	20.39	0.0027	**
C	0.30	1	0.30	67.27	<0.0001	**
AB	0.54	1	0.54	121.95	<0.0001	**
AC	1.44×10^{-4}	1	1.44×10^{-4}	0.033	0.8620	—
BC	9×10^{-4}	1	9×10^{-4}	0.2	0.6658	—
A ²	0.45	1	0.45	101.66	<0.0001	**
B ²	0.078	1	0.078	17.59	0.0041	**
C ²	0.089	1	0.089	20.14	0.0028	**
残差	0.031	7	4.43×10^{-3}			
纯差	3.652×10^{-4}	4	9.13×10^{-5}			
总差	1.75	16				
标准差	0.067					
变异系数/%	5.39					
决定系数 R ²	0.9823					

注:差异显著性:**极显著($P < 0.01$);*显著($0.01 < P < 0.05$);—不显著($P > 0.05$)

表 3 中,模型一次项 A($P < 0.01$)、B($P < 0.01$)、C($P < 0.01$)差异极显著,说明热压温度、时间

及薄膜用量对试板胶合强度均有显著影响;回归方程中 A、B、C 的系数值分别为 0.12、0.11、0.19,说明 HDPE 薄膜用量对试板胶合强度的影响最大,热压温度次之,热压时间最小。交互项 AB($P < 0.0001$), AC($P = 0.8620$), BC($P = 0.6658$),表明热压温度和时间对试板胶合强度有显著交互作用,而热压温度和薄膜用量、热压时间和薄膜用量对试板胶合强度的交互作用不显著。

图 1 是根据回归方程绘制的响应曲面三维图和等高线图,直观地描述了各因素的交互作用。此结果与回归分析相吻合。从响应面的最高点和等高线可知,在选取的范围内存在极值,即为响应面最高点。

为获得最优的工艺条件,对上述回归方程取一阶偏导,可以求得 $A = -0.24$; $B = 0.75$; $C = 0.68$,代入方程可求得胶合板最大胶合强度为 1.71 MPa。通过编码转换,可以得出最优的工艺条件分别为:热压温度 152 °C,热压时间 1.1 mm/min,HDPE 用量 264.92 g/m²。

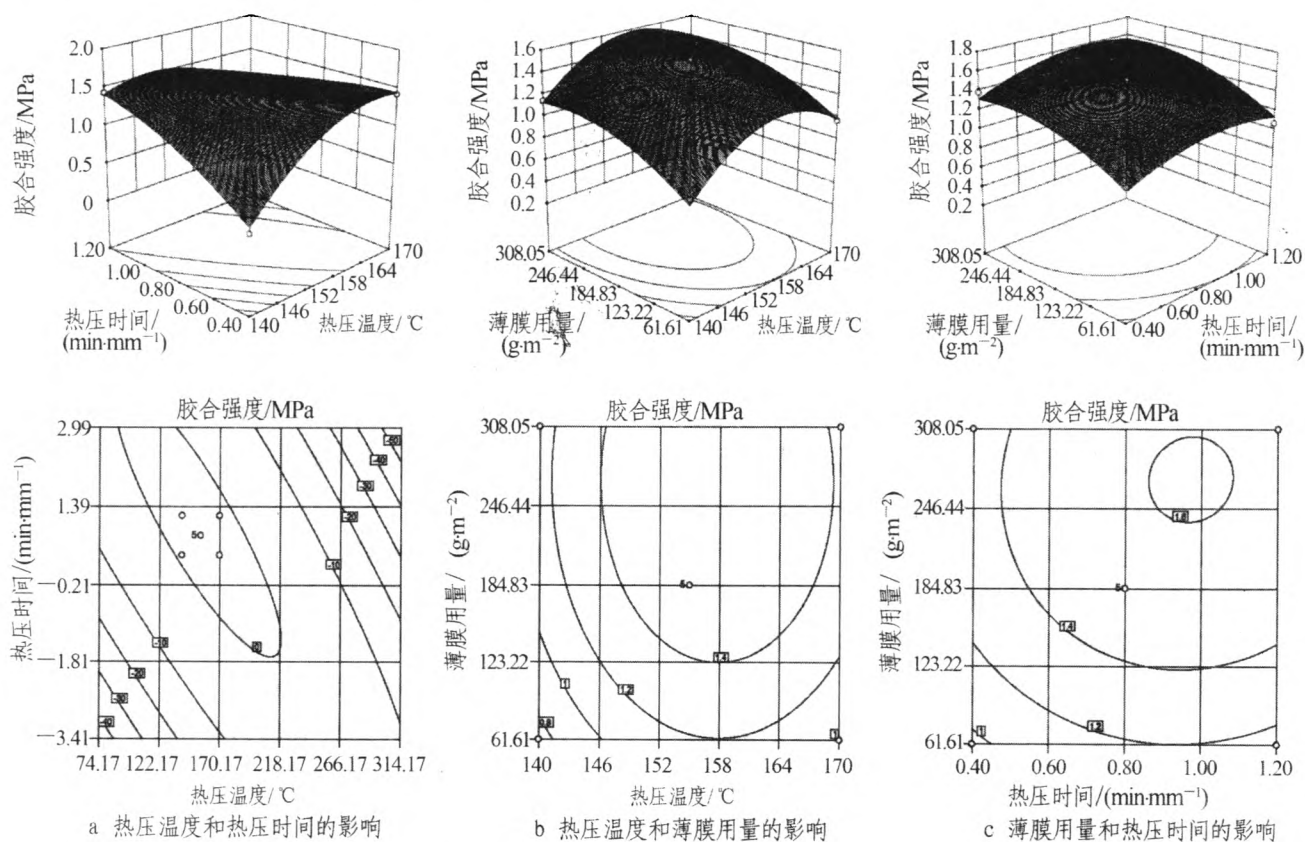


图 1 热压温度、时间、HDPE 用量对胶合板胶合强度的影响

Fig. 1 Effects of pressing temperature, pressing time and HDPE dosage on bonding strength of plywood

2.2 验证试验

根据确定的优化工艺条件制备杨木胶合板,并对其胶合强度进行测定。3次平行试验制得试板胶合强度的平均值为1.68 MPa,远远超出GB/T 9846.3-2004的规定值(≥ 0.7 MPa),且与回归方程计算的最大值1.71 MPa较为接近。

3 结论

1) 响应面试验结果显示,热压温度、热压时间和薄膜用量对杨木胶合板的胶合强度均有显著影响,且热压温度和热压时间对杨木胶合板胶合强度的交互影响明显。

2) 依据确定的优化工艺,当热压温度152℃、热压时间1.1 min/mm、薄膜用量264.92 g/m²时,制备的杨木胶合板的胶合强度可以达到1.68 MPa,远超过GB/T 9846.3-2004中II类胶合板的使用要求;且测试值与回归方程计算值较为接近,说明响应面分析方法可靠。

3) HDPE薄膜是一种非极性的热塑性树脂,与极性的木材单板进行复合时相容性差,界面结合强度低,目前以其为胶黏剂制备的胶合板,仅考虑应用于室内。

今后的研究重点是采取有效方法对木材单板或者HDPE薄膜进行预处理,改善二者的界面相容性,提高板材性能,拓宽其应用领域。

参考文献:

- [1] Yonghwan Jang, Jian Huang, Kaichang Li. A new formaldehyde-free wood adhesive from renewable materials[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2011, 31(7): 754-759.
- [2] Amine Moubarik, Antonio Pizzi, Ahmed Allal, et al. Cornstarch and tannin phenol-formaldehyde resins for plywood production[J]. Industrial Crops and Products, 2009, 30(2): 188-193.
- [3] W H Wang, X Q Zhang, X P Li. A novel natural adhesive from rice bran[J]. Pigment & Resin Technology, 2008, 37(4): 229-233.
- [4] 顾继友. 异氰酸酯乳液胶黏剂制备方法[P]. 中国: CN1345906A 2000-09-29.
- [5] 王正. 木质复合材料: 木材工业的发展方向[J]. 世界林业研究, 1994, 7(2): 40.
- [6] 王正. 无甲醛人造板研究现状及应用前景[J]. 中国人造板, 2008(1): 1-4.
- [7] 王建军, 郭文静, 王正. 木纤维-聚乙烯复合材料中聚乙烯改性的研究[J]. 木材工业, 1995, 9(2): 10-13.
- [8] 王正, 郭文静. 木塑复合材料板制工艺因子的研究[J]. 林产工业, 1996, 23(2): 8-9.
- [9] 王正, 郭文静, 高黎. 木塑复合刨花板性能、应用及发展趋势[J]. 中国人造板, 2005(5): 12-15.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)

2014年《中国人造板》杂志征订启事

ISSN 1673-5064 CN 11-5459/S 邮发代号: 2-995

由中国林科院木材工业研究所主办, 中国林科院木材工业研究所信息中心承办, 是我国专题报道人造板全方位信息的行业资讯杂志。

主要面向人造板、人造板原辅材料、人造板深加工、地板、木材加工设备及配件、室内装饰、木制家具、建材等领域的广大企事业单位、营销单位、行政管理部门, 发行量大, 专业性强, 是行业内质量、技术、市场信息专家。

月刊, 每月5日出版, 大16开全彩印刷, 国内外公开发售。全国各地邮局均可办理订阅, 也可直接与本刊发行部联系订阅(汇款时请注明: 邮编、地址、单位、收刊人、电话、订阅起止时间)。

国内定价: 15元/期, 全年定价: 180元

地址: 北京市颐和园后中国林科院70信箱

《中国人造板》编辑部

邮编: 100091

投稿: 010-62888476

tougao@cwbp.cn

订阅: 010-62889493(杨文静)

dingyue@cwbp.cn

广告: 010-62870239 / 13810497405(王滔)

guanggao@cwbp.cn

传真: 010-62889349 转 19

网址: www.cwbp.cn

网上采编系统将于2014年启用, 欢迎投稿。