

塑膜增强薄木贴面高密度纤维板的工艺优化

彭晓瑞, 张占宽

(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: 以塑膜增强红栎装饰薄木为贴面材料, 以高密度纤维板(HDF)为基材, 采用响应面方法优化贴面工艺, 高温热压制备塑膜增强薄木贴面 HDF。结果表明: 塑膜增强薄木贴面 HDF 的表面胶合强度受热压温度的影响为极显著影响, 受热压压力的影响显著, 受热压时间和压力、温度 and 时间的交互作用影响亦显著。在优化工艺条件下, 塑膜增强薄木贴面 HDF 的表面胶合强度达 1.60 MPa, 满足 GB/T 15104-2006《装饰单板贴面人造板》的要求。

关键词: 低密度聚乙烯膜; 装饰薄木; 高密度纤维板; 贴面工艺; 响应面法; 表面胶合强度

中图分类号: TS653 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2017) 04-0039-04

Process Optimization of High Density Fiberboard Overlaid with Veneer Reinforced Using Low Density Polyethylene Films

PENG Xiao-rui, ZHANG Zhan-kuan

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

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

Abstract: The authors prepared red oak veneer reinforced with low density polyethylene films as a face material to be overlaid on high density fiberboard (HDF). Response Surface Method was used to optimize the finishing process. The results showed that surface bond strength of the overlaid HDF samples was significantly affected by not only hot pressing temperature and pressure, but also interaction effects between hot-pressing time and pressure as well as jointed effects between hot-pressing temperature and time. Under the optimized process conditions, such as 1 MPa hot-pressing pressure and 130 °C temperature under 3 minutes duration, the surface bond strength of the overlaid HDF samples reached 1.60 MPa, which met the requirement of the National Standard GB/T 15104-2006 "Decorative Veneered Wood-based Panels".

Key words: low density polyethylene film; reinforced decorative veneer; high density fiberboard (HDF); overlay; response surface methodology (RSM); surface bond strength

为了提高珍贵木材利用率 and 产品附加值, 满足我国家具产业 and 室内装饰业对木质装饰材料需求的

快速增长, 笔者开发了一种新型塑膜增强柔性装饰薄木, 具有耐水、防透胶、环保高效等性能特点, 可广泛应用于木门、木楼梯等木制品的平面及异形表面装饰, 免去涂胶工序, 降低胶黏剂的生产成本和能耗^[1-4]。

响应面法(Response Surface Methodology, RSM)是一种有效解决多变量问题的统计方法, 基于合理

收稿日期: 2017-01-20; 修改日期: 2017-06-13

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“塑膜衬底柔性装饰微薄木制备关键技术研究”(CAFINT2015K02)。

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。

的实验设计,利用多元二次回归方程拟合试验因子与响应值之间的关系,建立回归方程分析来寻求优化因子参数,分析试验因子对于响应值影响的显著度^[5-7]。

在前期探索塑膜增强柔性装饰薄木制备工艺的基础上,笔者应用响应面法,进一步开展贴面工艺优化试验,以表面胶合强度为评价指标,探寻塑膜增强薄木饰面 HDF 的优化工艺参数,旨在为新型塑膜增强柔性装饰薄木贴面的工业化生产及应用提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1)装饰薄木,北美红栎(*Quercus rubra*),含水率为 10%,规格为 210 mm×210 mm×0.2 mm,购于北京。

2)LDPE 薄膜,熔融温度 126 ℃,厚度 0.03 mm,密度 0.92 g/cm³,购于河北。

3)高密度纤维板(HDF),密度 0.95 g/cm³,规格 210 mm×50 mm×20 mm,购于北京。

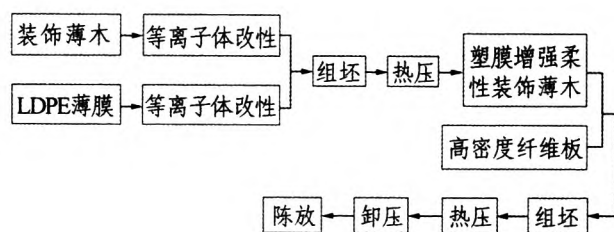
1.2 试验装置

介质阻挡低温等离子体处理装置^[4]、平压热压机、微机控制人造板万能力学试验机等。

1.3 试验方法

1.3.1 塑膜增强薄木制备与贴面板加工

生产工艺流程为:



1) 塑膜增强薄木的制备:

通过前期大量试验研究^[2],选择 0.03 mm 厚 LDPE 薄膜作为柔性增强材料和胶黏材料,0.2 mm 厚北美红栎薄木为薄木基体材料,将两种材料分别裁切成边长为 210 mm 的正方形试样,双面均经低温等离子体改性处理(塑膜放电功率 3kW,处理速度 3m/min;红栎放电功率 2 kW,处理速度 4 m/min),以改善两者的界面胶合特性;

将处理后的薄木和薄膜各一张对齐叠放组成板坯,在板坯上、下分别放置聚四氟乙烯防粘板,底面加钢垫板,在热压压力 0.6 MPa、热压温度 120 ℃、热压时间 120 s 的条件下,制备成塑膜增强柔性装饰薄木^[8]。

2) 饰面板的加工:

将 HDF 基板采用 400 目砂纸砂光,按图 1 所示进行组坯。按正交试验设定的工艺参数和水平(表 1),进行热压贴面加工。热压后的试板陈放 30 min 以消除热应力。每组试验重复 6 次。

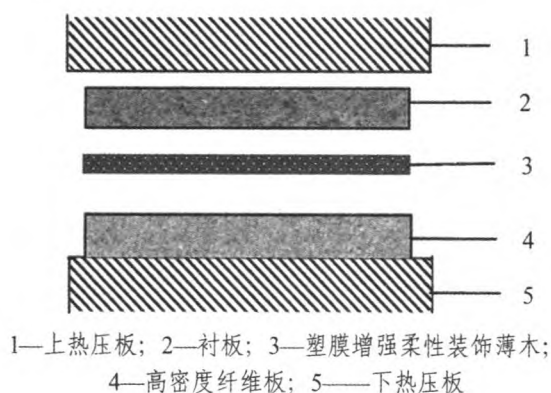


图 1 贴面板组坯热压示意图

Fig.1 Assembly and hot-pressing of HDF overlaid with plastic-film reinforced veneer

表 1 饰面板制备试验因素与水平

Tab.1 Experimental factors and levels

因素	水平		
	-1	0	1
A 热压压力/MPa	0.8	1.0	1.2
B 热压温度/℃	130	140	150
C 热压时间/min	2	3	4

1.4 性能检测

1) 表面胶合强度:

按照 GB/T 15104-2006《装饰单板贴面人造板》,测量贴面板的表面胶合强度。每个试验水平取 6 块试件,共计 102 块试件,结果取其平均值。

2) 浸渍剥离性能:

按照 GB/T 15104-2006 I 类条件进行测试。试件处理:沸水浸渍 4 h→(63±3)℃干燥 20 h→沸水浸渍 4 h→(63±3)℃干燥 3 h,观察试件贴面层和基材有无剥离和分层现象。取 6 块试件。

2 结果与分析

2.1 正交试验

不同因子水平下, 饰面板的表面胶合强度测试结果列于表 2。

表 2 饰面板表面结合强度测试结果

Tab.2 Surface bonding strength of overlaid HDF samples

试验号	因子与水平			表面胶合强度/MPa	试验号	因子与水平			表面胶合强度/MPa
	A	B	C			A	B	C	
1	0	0	0	1.52	10	0	-1	-1	1.06
2	-1	0	1	0.48	11	1	-1	0	1.42
3	1	0	1	0.72	12	-1	1	0	0.87
4	0	0	0	1.53	13	0	0	0	1.53
5	1	0	-1	0.62	14	0	-1	1	0.83
6	0	0	0	1.52	15	-1	0	-1	1.08
7	0	1	-1	0.34	16	0	0	0	1.53
8	1	1	0	0.83	17	0	1	1	0.44
9	-1	-1	0	1.38					

利用 Design Expert 统计分析软件对表 2 数据分析, 得到饰面板表面胶合强度与各工艺因素拟合的二阶回归方程:

$$Y=1.53-0.028A-0.28B-0.079C-0.02AB+0.18AC+0.082BC-0.17A^2-0.23B^2-0.63C^2$$

式中: Y —表面胶合强度, MPa; A —热压压力编码值; B —热压温度编码值; C —热压时间编码值。

表 3 为回归模型的方差分析结果。

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	2.98	9	0.33	99.47	<0.0001	**
A	6.05×10^{-3}	1	6.05×10^{-3}	1.82	0.2195	—
B	0.61	1	0.61	183.46	<0.0001	**
C	0.05	1	0.05	14.91	0.0062	*
AB	1.60×10^{-3}	1	1.6×10^{-3}	0.48	0.5104	*
AC	0.12	1	0.12	36.81	0.0005	—
BC	0.03	1	0.027	8.18	0.0243	*
A^2	0.12	1	0.12	37.32	0.0005	*
B^2	0.22	1	0.22	66.50	<0.0001	**
C^2	1.67	1	1.67	500.98	<0.0001	**
残差	0.023	7	3.328×10^{-3}			
纯差	1.2×10^{-4}	4	3.0×10^{-5}			
总差	3.00	16				
标准差	0.06					
变异系数/%	5.54					
决定系数 R^2	0.9922					

注: **极显著; *显著; —不显著。

表 3 中, 饰面板表面胶合强度与热压压力、热压温度及热压时间的决定系数 R^2 =回归平方和/总平方和=0.9922, 表明三个因子对饰面板表面胶合强度的影响占 99.22%, 信噪比 (SNR 或 S/N, 表示有用信号的功率与无用噪声信号功率的比值) 为 25.732, 远大于 4。

由此可知, 本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饰面板的表面胶合强度分析与预测。

表 3 结果还表明, 模型一次项 A 差异不显著, B 差异极显著, C 差异显著, 说明热压温度对饰面板的表面胶合强度影响极显著, 热压时间的影响显著, 热压压力的影响不明显。

回归方程中 A 、 B 、 C 的系数值分别为 0.028、0.28 和 0.079, 亦说明热压温度对饰面板表面胶合强度的影响最大, 热压时间的影响次之, 热压压力的影响最小。

交互项的 P 值表明, 热压压力和时间的交互作用对饰面板的表面结合强度影响显著, 热压温度和热压时间的交互作用也相对明显, 而热压压力和热压温度的交互作用不显著。

图 2 为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对响应值的影响, 从而得出最佳工艺参数及各参数之间的交互作用。在选取的参数范围内, 响应值存在极值, 即等高线中的最小椭圆中心点; 而且, 等高线的形状反映出交互响应的强弱, 椭圆形表示两因素交互作用显著, 圆形则为不显著。

从图 2 中可看出, 在本试验条件下, 热压压力和热压时间、热压时间和热压温度两者等高线形状为椭圆形, 其交互作用显著; 而热压温度和热压压力为圆形, 故交互作用不显著。此结果与回归分析相吻合。

采用 Design Expert 软件 Optimization 的 Numerical 优化功能, 以试验因素取值范围内的最低点为出发点, 响应值选取最大值, 可优化得出饰面板表面胶合强度的理论最佳工艺条件, 即:

热压压力 0.98 MPa, 热压温度 133.8 °C, 热压时间 2.88 min。该条件下饰面板表面胶合强度最优理论值为 1.62 MPa。

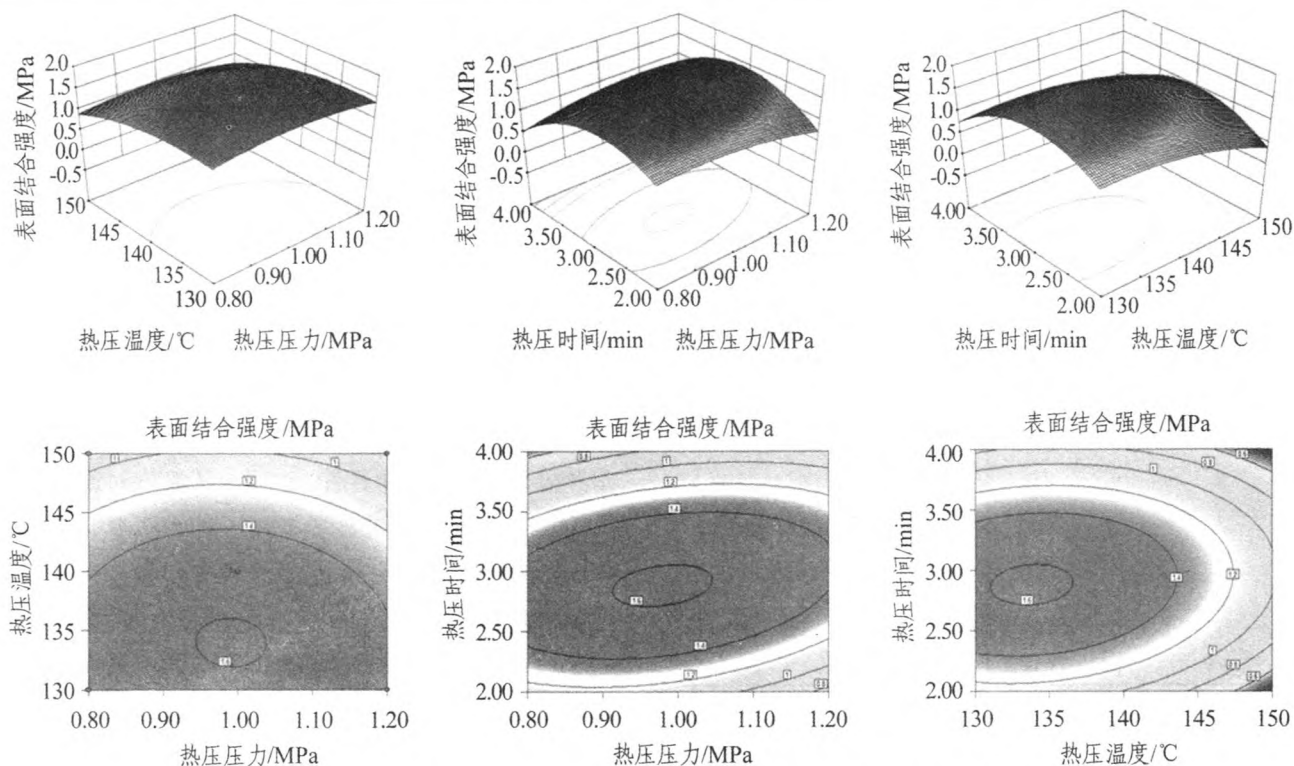


图2 热压压力、热压温度、热压时间对贴面板表面胶合强度的影响

Fig.2 Effects of pressing pressure, temperature and time on surface bond strength of overlaid HDF samples

2.2 验证试验

根据响应面法分析结果,将工艺条件取整优化为:热压压力1 MPa、温度130 °C、时间3 min,制备6块贴面板进行验证。测得其表面胶合强度的平均值为1.60 MPa,与响应面法理论预测值误差较小,满足GB/T 15104-2006的要求(≥ 0.4 MPa)。

同时对6块贴面板试样进行浸渍剥离性能的测试,结果显示试样的贴面层和基材均未出现剥离和分层现象。

3 结论

1) 响应面试验结果显示,热压温度对塑膜增强薄木贴面HDF的表面胶合强度影响显著,热压压力影响次之,热压时间对表面胶合强度无明显影响。热压压力与时间、以及热压温度与时间的交互作用影响亦显著。

2) 依据响应面分析确定的优化工艺为:热压压力1 MPa、温度130 °C、时间3 min时,塑膜增强薄木贴面HDF的表面胶合强度测试值达到1.60 MPa,与回归方程模型预测值1.62 MPa较为接近,说明响

应面回归模型可靠,优化试验工艺条件准确,对工业化生产具有指导意义。

3) 本试验条件下,采用塑膜增强薄木对HDF进行饰面加工,贴面板的浸渍剥离性能达到GB/T 15104-2006中I类胶的要求,无开裂、翘曲现象,耐水性好,具有广阔的市场前景与发展潜力。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张德文,张占宽,彭晓瑞.无纺布增强装饰薄木的柔韧性研究[J].木材工业,2014,28(5):41-43.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 常亮.高密度聚乙烯杨木复合胶合板成板机制及界面状态评价[D].北京:中国林业科学研究院博士论文,2017:34-42.
- [6] 徐康.基于响应曲面优化法的木材高强微波预处理工艺[J].林业科学,2014,50(11):109-114.
- [7] 颜甜甜.响应面法优化竹原纤维氧化工艺[J].南京工业大学学报(自然科学版),2017,39(1):57-63.
- [8] 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.

(责任编辑 向琴)