

# 塑膜增强柔性装饰薄木的制备工艺及性能研究

彭晓瑞, 张占宽

(中国林科院林业新技术研究所; 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:** 采用改性低密度聚乙烯(LDPE)薄膜作为增强和胶粘材料制备柔性装饰薄木, 探讨热压压力、温度、时间和LDPE膜厚等因素对薄木柔韧性、剥离强度等性能的影响。结果表明: 塑膜增强柔性装饰薄木的较优工艺参数为: 热压压力1.0 MPa、温度150 ℃、时间120 s, LDPE膜厚0.03 mm; 在此工艺条件制备的装饰红栎薄木的柔韧性优良, 柔韧性卷曲试验的钢棒直径可小至4 mm, 浸渍剥离强度达到I类胶试验要求, 总体性能优于无纺布增强薄木。  
**关键词:** 改性低密度聚乙烯薄膜; 红栎; 装饰薄木; 柔韧性; 浸渍剥离

中图分类号: TS653.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2017)01-0050-04

## Technology and Properties of Flexible Decorative Veneers Reinforced with Low Density Polyethylene (LDPE)

PENG Xiao-rui, ZHANG Zhan-kuan

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

**Abstract:** Low density polyethylene (LDPE) films were selected as a reinforcing and bonding material to prepare flexible decorative veneers. Experiments were carried out to evaluate the effects of pressure, temperature and duration of hot pressing as well as LDPE film thickness on performance of the veneers. Results showed that the optimal processing parameters for making the veneer were 150 ℃ temperature, 1.0 MPa pressure and hot-pressing for 120 seconds with 0.03 mm LDPE film thickness. Compared with non-woven fabric reinforced veneers, the veneer had better flexibility, higher peeling strength and transverse tensile strength.

**Key words:** modified low density polyethylene film; red oak (*Quercus rubra*); decorative veneer; flexibility; peeling strength

我国是木制品制造大国, 木门、木家具和木地板等产品的产能及产值均居世界第一, 但木材资源短缺, 特别是珍贵木材资源更是供不应求<sup>[1-2]</sup>。为提高木制品的附加值和珍贵树种木材的利用率, 通常将珍贵树种木材旋切或刨切成厚度为0.05~0.8 mm

的装饰薄木, 用于木制品饰面。未经处理的装饰薄木柔韧性差, 横向抗拉强度低, 易开裂、变形, 难以用于异形曲面的表面装饰; 为此, 通常采用柔韧性好的增强材料与薄木复合制成柔性装饰薄木, 将其覆贴于木制品异形表面, 达到表面装饰目的<sup>[3-4]</sup>。

目前市场常见的纸张和无纺布衬底柔性装饰薄木, 多采用脲醛树脂(UF)胶、聚乙酸乙烯酯(PVAc)乳液或两者混合胶制备, 其耐水性较差, 易透胶, 且胶膜分布不均, 制作工艺复杂。

收稿日期: 2016-07-29; 修改日期: 2016-11-17

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。

以塑膜为增强材料的柔性装饰薄木是一种新开发的环境友好产品,其制作工艺简单,具有环保、耐水等特点<sup>[5]</sup>。笔者选用低密度聚乙烯(LDPE)薄膜作为增强和胶黏材料,与北美红栎薄木进行复合,制备塑膜增强柔性装饰薄木,探讨其热压复合优化工艺,并将其性能与无纺布增强柔性装饰薄木进行比较,对塑膜增强柔性装饰薄木的性能进行综合评价,以期为实际生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

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

2) 改性LDPE薄膜,马来酸酐改性剂用量6%。熔融温度126℃,4种厚度:0.02、0.03、0.04和0.05 mm,密度0.92 g/cm<sup>3</sup>,外购。

3) 无纺布,20 g/m<sup>2</sup>不带胶无纺布,外购;

4) 改性聚乙酸乙烯酯乳液(PVAc),固体含量50~55%,黏度15~18 Pa·s(20℃),pH值4.5~5.0。汉高百得公司提供。

### 1.2 试验装置

平压热压机、万能力学实验机、钢棒等。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计

在初期研究的基础上,选取热压压力、温度、时间和LDPE膜厚为工艺因素,每个因素选择四个水平,按正交表 $L_{16}(4^5)$ (表1)进行塑膜增强柔性装饰薄木热压复合试验,每组试验条件重复两次。

表1 试验因素与水平

Tab.1 Experimental factors and levels

| 因素          | 水平   |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|
|             | 1    | 2    | 3    | 4    |
| A 热压压力/MPa  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  |
| B 热压温度/℃    | 130  | 140  | 150  | 160  |
| C 热压时间/s    | 60   | 90   | 120  | 150  |
| D LDPE膜厚/mm | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |

#### 1.3.2 试样制备

将薄木和塑膜分别裁切成长200 mm、宽200 mm的试样,然后将薄木和薄膜各一张叠放整齐成板坯,在板坯上、下分别放置聚四氟乙烯防粘板,底面加

钢垫板,按正交试验设定的条件进行热压<sup>[5]</sup>;结合即时反向卷绕冷却技术,以防止薄木表面卷曲。

### 1.3.3 外观质量和性能检验

塑膜增强柔性装饰薄木的外观质量检验,包括表面透胶面积和平整度;性能检验包括柔韧性和剥离强度。而优化工艺验证试验的外观质量和性能检验,除了以上项目外,增加浸渍剥离强度和横向抗拉强度的检测。

1) 外观质量 观察薄木试样的透胶情况。

2) 柔韧性 将薄木按顺纹方向剪切成200 mm×75 mm的试件,共32片。钢棒长100 mm,直径为2、4、6、8、10、12和14 mm。按钢棒直径由小到大依次进行试验,以试件卷曲发生破裂时的铜棒直径表征其柔韧性<sup>[3]</sup>。

3) 剥离强度 按照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》要求进行测试。试件尺寸200 mm(顺纹方向)×25 mm,每个试验水平下取5片试件,共计90片。

4) 横向抗拉强度 参照GB/T 7911-2013《热固性树脂浸渍纸高压装饰层积板(HPL)》中抗拉强度试验方法进行。制备100 mm(横纹方向)×20 mm的试件5片,陈放24 h后,检测其破坏时的最大载荷;由此计算抗拉强度,结果取平均值。

5) 浸渍剥离强度 按照GB/T 15104-2006《装饰单板饰面人造板》制备试件,并按相应条件进行处理后,观察薄木与塑膜之间有无剥离分层现象,并测量各边剥离长度。取优化条件制备6块试件进行测试,结果取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 塑膜增强柔性装饰薄木试样的性能

#### 2.1.1 外观质量

薄木透胶面积比例分四个等级,列于表2。

表2 装饰薄木的透胶等级

Tab.2 Glue penetration of decorative veneers

| 透胶等级     | 1    | 2     | 3     | 4   |
|----------|------|-------|-------|-----|
| 透胶面积比例/% | 0~10 | 10~30 | 30~50 | >50 |

试验结果显示,在正交试验各组条件下制备的塑膜增强柔性装饰薄木,总体外观质量优良,表面均无透胶现象,且经反向卷绕后,表面基本平整。

2.1.2 柔韧性

工艺因素及水平对塑膜增强红栎薄木试样柔韧性的影响,如图1所示;其方差分析结果,列于表3。

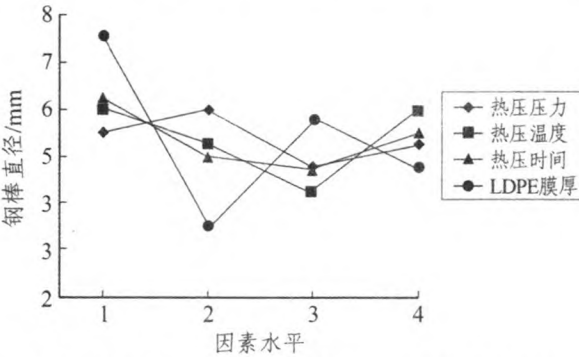


图1 工艺因素对塑膜增强红栎薄木柔韧性的影响

Fig.1 Effect of experimental factors on flexibility of red oak veneers reinforced with plastic films

表3 塑膜增强红栎薄木柔韧性的方差分析

Tab.3 Variance of analysis for flexibility of red oak veneers reinforced with plastic films

| 方差来源 | 偏差平方和  | 自由度 | F值     | 显著性 |
|------|--------|-----|--------|-----|
| A    | 3.250  | 3   | 7.000  |     |
| B    | 8.250  | 3   | 11.000 | **  |
| C    | 5.250  | 3   | 4.333  |     |
| D    | 34.250 | 3   | 45.667 | *** |

1) LDPE膜厚度的影响

LDPE膜作为胶粘材料,其厚度的影响类似于施胶量。在热压作用下,薄膜熔融、铺展并向薄木渗透。对于厚度较小的薄膜,易产生缺胶现象,塑膜层结构不连续;随着LDPE膜增厚,在高温下熔融后均匀铺展,与薄木胶接形成连续的复合界面,柔韧性提高;但LDPE膜厚为0.05 mm时,经热压冷却后的收缩应力增大,柔韧性又有所下降。

2) 热压温度的影响

LDPE膜的熔融温度为126℃,但其充当胶黏剂使用时,加热温度应高于熔融温度才可发挥胶接作用,故本试验设置的热压温度均高于126℃。

当热压温度在130~150℃范围内,随着热压温度的升高,塑膜熔融流动性增强,可充分熔融、铺展、渗透到装饰薄木中<sup>[6]</sup>,粘接性能增强,故薄木的柔韧性相应提高;但热压温度过高时,装饰薄木含水率降低过快,表面羟基减少<sup>[6-7]</sup>,木材变脆,导致柔韧性降低。

3) 热压时间的影响

当热压时间为60 s时,由于时间较短,塑膜在薄木内部渗透不全面;当热压时间延长到90~120 s时,胶液在胶合界面上分布较均匀,渗透性较好,有利于塑膜与薄木形成稳定的胶层结构,柔韧性提高;但当热压时间继续延长至150 s时,塑膜在高温长时间的作用下固化过度,塑膜和薄木脆性增大,薄木柔韧性反而下降,与以往研究的结果一致<sup>[3]</sup>。

4) 热压压力的影响

随着热压压力的增大,薄木的柔韧性有所波动,但变化较平稳,说明其影响相对较小。

根据表4方差分析结果,影响塑膜增强装饰薄木柔韧性的因素排序为:LDPE膜厚>热压温度>热压时间>热压压力。以柔韧性为评价指标,较优工艺参数为: $A_3B_3C_3D_2$ 。

2.2.2 剥离强度

工艺因素对薄木剥离强度的影响,如图2所示;剥离强度方差分析的结果,列于表4。

1) LDPE膜厚的影响

木材与LDPE膜热压复合时,塑膜熔融形成界面“胶层”,同时在压力作用下部分树脂充填进入界

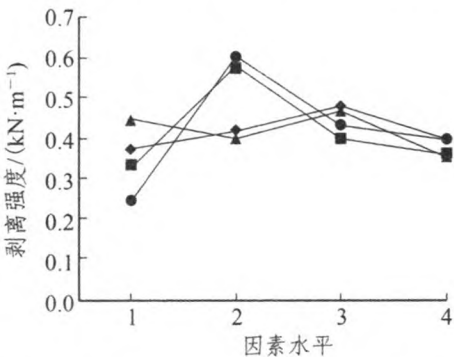


图2 工艺因素对塑膜增强红栎薄木剥离强度的影响

Fig.2 Effect of experimental factors on peel strength of red oak veneers reinforced with plastic films

表4 塑膜增强红栎薄木剥离强度的方差分析

Tab.4 Variance of analysis for peel strength of red oak veneers reinforced with plastic films

| 方差来源 | 偏差平方和 | 自由度 | F值     | 显著性 |
|------|-------|-----|--------|-----|
| A    | 0.024 | 3   | 1.7917 |     |
| B    | 0.151 | 3   | 11.093 | **  |
| C    | 0.033 | 3   | 2.436  |     |
| D    | 0.270 | 3   | 19.809 | **  |

面相邻导管、木射线和部分木纤维细胞中,其结合强度依赖于胶钉作用<sup>[8]</sup>。

若 LDPE 膜过薄,无法在胶合界面形成连续的胶层,导致剥离强度低。试验结果表明,LDPE 膜厚为 0.03 mm 时剥离强度最高;当厚度增加到 0.04~0.05 mm 时,剥离强度有所下降。原因同 2.1.2 节中。

## 2) 热压温度的影响

从机械互锁理论来看,130 ℃ 时 LDPE 膜树脂流展不够充分,不能完全熔融渗透进入装饰薄木导管、木纤维细胞中,形成的胶钉较少或强度较弱,剥离强度相对较低;140 ℃ 时树脂熔融,黏度下降,流展较充分,容易进入木材本体,剥离强度相对最好;此后,随着热压温度的上升,剥离强度下降。

## 3) 热压时间与压力的影响

随着热压压力的增大,时间的延长,柔性装饰薄木的剥离强度有所波动,但总体变化平稳。由表 5 方差分析可知:影响 LDPE 薄膜增强红栎薄木剥离强度的因素排序为:LDPE 膜厚>热压温度>热压时间>热压压力,其中 LDPE 膜和热压温度的影响显著。以剥离强度为指标,塑膜增强薄木的优化工艺组合为  $A_3B_2C_3D_2$ 。

## 2.2 优化工艺验证试验

根据前述试验,综合考虑各因素对柔韧性和剥离强度等指标的影响,确定优化工艺参数为:热压压力 1.0 MPa,热压温度 150 ℃,热压时间 120 s,LDPE 膜厚 0.03 mm。

按此条件制备 4 个塑膜增强薄木试样,与薄木素材、无纺布增强薄木的性能比较结果,列于表 5。

表 5 不同方式增强红栎装饰薄木的性能

Tab.5 Performance of red oak veneers reinforced with plastic films and non-woven fabrics

| 薄木类别     | 柔韧性/<br>mm | 剥离强度/<br>(kN/m) | 浸渍剥<br>离性能 | 透胶<br>性 | 横向抗拉<br>强度/MPa |
|----------|------------|-----------------|------------|---------|----------------|
| 薄木素材     |            |                 |            |         | 0.67           |
| LDPE 膜增强 | 4          | 0.51            | I 类        | 1       | 4.08           |
| 无纺布增强    | 8          | 0.47            | II 类       | 1       | 3.12           |

同样 0.2 mm 厚红栎薄木、采用 20 g/m<sup>2</sup> 无纺布为增强材料,改性 PVAc 乳液胶,在涂胶量 35 g/m<sup>2</sup>、热压压力 0.8 MPa,温度 120 ℃,时间 120 s 的优化工艺下<sup>[9]</sup>,制备无纺布增强柔性装饰薄木,其性能测

试结果(5 个试样的取平均值)亦列于表 5。

由表 5 结果可知,两种材料增强柔性薄木的表面均无透胶现象,且剥离强度相近。由于塑膜为热塑性树脂,故塑膜增强薄木的柔韧性相对更好;塑料基体本身的抗拉强度要优于无纺布,故其增强薄木的横向抗拉强度比无纺布增强薄木高约 24%;同时塑膜增强柔性装饰微薄木的耐水性相对更优,其浸渍剥离强度可达到 I 类胶要求。

## 3 结论

1) LDPE 膜厚对塑膜增强柔性装饰薄木柔韧性的影响极显著,对剥离强度的影响显著;热压温度对柔韧性和剥离强度的影响均为显著。

2) 较优的制备工艺参数为:LDPE 膜厚 0.03 mm,热压压力 1.0 MPa、温度 150 ℃、时间 120 s。采用此工艺制备的塑膜增强柔性装饰薄木,柔韧性优良,钢棒卷曲的直径可小至 4 mm;浸渍剥离强度试验达到 GB/T 15104-2006 中 I 类胶浸渍剥离试验要求。

3) 与无纺布增强柔性装饰薄木相比,塑膜增强装饰薄木具有同样的外观质量和剥离强度,但其横向抗拉强度提高 23.5%,柔韧性提高 50%,浸渍剥离达到 GB/T 15104-2006 I 类要求,加之免去了涂胶工序,操作工艺相对简单,更有利于工业化生产,具有良好的市场前景。

## 参考文献:

- [1] 吴智慧,徐伟,牛广霞.我国家具与室内装饰行业的现状与科技需求[J].木材工业,2009,23(2):23-26.
- [2] 彭立民,王金林.集成薄木制造工艺研究[J].木材工业,2004,18(5):11-14.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 彭晓瑞,张占宽.柔性装饰薄木制备技术的现状及发展[J].木材工业,2016,30(6):23-26.
- [6] Marcovch N E, Aranguren M I. Modified wood flour as thermoset fillers II .Thermal degradation of wood flours and composites[J]. Thermochemica Acta, 2001, 372 (1-2): 45-57.
- [7] Nguila Inari G P, M Gerardin. Chemical reactivity of heat-treated wood[J]. Wood Science and Technology, 2007, 41(2): 157-168.
- [8] 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,2014:1-8.
- [9] 张德文.无纺布基装饰薄木制造工艺研究[D].北京:中国林科院,2014.

(责任编辑 向 琴)