

研究与开发

脲醛树脂泡桐单板层积材的生产工艺

龙传文, 魏开锟

(中南林学院, 湖南株洲 412006)

摘要: 对以兰考泡桐旋切单板 and 脲醛树脂胶为原料制造单板层积材的工艺进行了研究。结果表明, 热压温度为 130 °C, 热压时间为 1.4 min/mm 板厚, 双面涂胶量为 380 g/m², 泡桐木单板层积材的物理力学性能良好, 各项性能指标均可达到室内用材要求。

关键词: 泡桐木; 单板层积材; 生产工艺

中图分类号: TS653.3, TS433.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2005)01-0023-02

Manufacturing Technology of LVL from Paulownia with UF Resin

LONG Chuan-wen, WEI Kai-kun

(Central-south Forestry University, Zhuzhou 412006, Hunan, China)

Abstract: Following a series of experiments that had verified the feasibility of manufacturing laminated veneer lumber from Paulownia (*Paulownia elongate*) with urea-formaldehyde resin, the authors arranged an orthogonal experiment to determine the optimum technology parameters. Results showed that under the conditions of hot pressing at a temperature of 130 °C, hot pressing time for 1.4 min/mm and glue spread of 380 g/m², all the physical and mechanical properties of the Paulownia LVL samples could satisfy the requirements for indoors materials.

Key words: Paulownia; Laminated veneer lumber (LVL); Manufacturing technology

单板层积材(LVL)是一种强度高、性能优良的木质工程材料,由旋切单板经过干燥、涂胶、顺纹组坯、胶合等工序加工而成^[1]。LVL不仅保留了木材的天然性质,还具有许多锯材所没有的特性^[2],在国外已广泛应用于建筑、家具、装饰等领域。泡桐在我国大部分地区都有种植,是我国主要的速生材树种之一,但其材质较软,在利用方面受到一定的限制。利用泡桐木生产LVL,对开辟泡桐木材的高效利用途径具有重要意义。另外,目前生产LVL大多采用酚醛(PF)树脂胶黏剂,但根据LVL的特性及国外的发展趋势,可用脲醛(UF)树脂胶生产LVL,用于家具制造、室内装饰装修或其他非承重件。本研究探讨了利用UF树脂胶生产泡桐木LVL的可能性和相关工艺因素,旨在为泡桐木的加工利用提供一条可行的新途径。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

单板 兰考泡桐(*Paulownia elongate*),产于湖南洞庭湖区,气干密度为 0.36 g/cm³。受试验条件限制,本研究采用的单板平均厚度为 1.5 mm。

UF 树脂胶 固体含量为 50%,由中南林学院校办实验厂提供。

固化剂 氯化铵(NH₄Cl),用量为树脂固体含量的 1%。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 经前期多次的探索性试验,选择热压时间、热压温度、涂胶量(双面)为本试验的考察因子,按正交表 L₉(3⁴) 安排试验,试验因素与水平见表 1。

1.2.2 试验过程 泡桐木单板层积材的工艺流程为:

单板剪切→干燥→涂胶(双面)→组坯→热压→卸压→冷却→锯切→检验

表 1 试验因素与水平

Tab.1 Experimental factors and levels

水平	因素		
	热压时间/(min·mm ⁻¹)	热压温度/℃	双面涂胶量/(g·m ⁻²)
1	1.0	120	300
2	1.2	130	340
3	1.4	140	380

首先将泡桐木旋切单板裁切为 350 mm × 350 mm 的幅面规格,然后将其置于在 70 ℃ 左右的恒温干燥箱中,烘至含水率为 10% 左右时取出,待冷却后再进行涂胶、组坯以及热压。组坯时应注意单板的正反面,使产品的结构对称,以减少产品的翘曲变形。热压压力对板材的性能具有一定的影响,为了保证产品的厚度,本试验采用厚度规控制,因此,热压压力不作为变量因素考察。按试板厚度为 18 mm,根据探索性试验,确定板材的适宜厚度压缩率为 20% 左右,故本试验选定热压压力为 1.4 MPa,其它因子按正交方案进行。为了防止板材在卸压时产生鼓泡,采用分段卸压。试板冷却放置 72 h 后裁边取样,按国家有关标准规定的方法进行检验。

1.2.3 试板性能检测 主要参照刨花板国家标准 GB/T 4897-2003 规定的方法检测试板的密度(ρ)、含水率(W)、吸水厚度膨胀率(TS)、静曲强度(MOR)和弹性模量(MOE);试板的胶层剪切强度(S)按 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》检测。另外,试验用 UF 树脂胶的甲醛释放量符合国家标准 GB 18580-2001《室内装饰装修材料—人造板及其制品中甲醛释放限量》中甲醛释放量限量值 ≤ 1.5 mg/L 的要求,故本试验不再检测试板的甲醛释放量。

2 试验结果与分析

2.1 试验结果

试板各物理力学性能的检测结果见表 2 (各项数值均为 6 块样品的平均值)。

表 2 泡桐木 LVL 的性能检测结果

Tab.2 Properties of LVL from Paulownia

序号	ρ /(g·cm ⁻³)	W /%	TS /%	MOR /MPa	MOE /MPa	$S_{纵}$ /MPa	$S_{横}$ /MPa
1	0.42	10.8	7.8	46.2	7316	2.58	1.34
2	0.43	10.5	6.5	48.3	7628	2.65	1.41
3	0.45	10.2	6.1	55.2	8046	3.51	1.48
4	0.43	10.3	7.5	54.4	7929	3.28	1.36
5	0.45	10.1	6.2	58.5	8450	3.42	1.38
6	0.42	9.8	5.7	51.3	7787	3.52	1.49
7	0.45	10.4	5.9	57.2	8366	3.58	1.54
8	0.44	8.6	5.4	59.2	8591	4.08	1.69
9	0.43	9.3	5.6	55.6	8110	3.81	1.51

表 3 试验结果分析

Tab.3 Analysis of results from property tests on Paulownia LVL

因素	水平	ρ /(g·cm ⁻³)	W /%	TS /%	MOR /MPa	MOE /MPa	$S_{纵}$ /MPa	$S_{横}$ /MPa
热压时间	1	0.43	10.5	6.8	49.9	7663	2.91	1.41
	2	0.43	10.1	6.5	54.7	8055	3.41	1.41
	3	0.44	9.4	5.6	57.3	8356	3.82	1.58
热压温度	1	0.43	10.5	7.1	52.6	7870	3.15	1.41
	2	0.43	9.7	6.0	55.3	8223	3.38	1.49
	3	0.43	9.8	5.8	54.0	7981	3.61	1.49
涂胶量	1	0.43	9.7	6.3	52.2	7898	3.40	1.51
	2	0.43	10.0	6.5	52.8	7889	3.25	1.43
	3	0.45	10.2	6.1	57.0	8287	3.50	1.47

2.2 结果分析

各因素对 LVL 物理力学性能的影响分析如下:

2.2.1 密度 由表 3 的结果分析可知,板材密度随热压时间增长和温度升高变化不大。但热压时间太长、热压温度过高将导致板材表面过快固化,板材表面颜色加深,从而影响板材的使用功能;涂胶量增加,板材的密度增大,胶合性能增强,但涂胶量过大可导致产品的成本相应增加。

2.2.2 含水率 三项因素对板材含水率均有显著的影响。随着热压时间的延长和温度的升高,板坯的含水率降低,但时间太长、温度过高,将导致胶层过度固化而发脆;涂胶量较高时带入板坯中的水分也增多,不仅增加了产品的成本,还相应地需要延长热压时间或提高热压温度来促进水分的蒸发,导致生产效率降低,所以,三个因素要综合考虑。

2.2.3 板材强度 在热压过程中,随着涂胶量的增加、热压温度的升高和热压时间的延长,热压板对板坯的传热速度加快,板坯内的水分在高温的作用下迅速汽化,形成水蒸气排出。随着板坯内水分的不断排出,胶黏剂逐步开始固化,直至完全固化,此时试板 24 h 的 TS 较低, MOR 、 MOE 和 S 指标增大,胶合质量好。适量的涂胶量可以使单板之间的胶黏剂在适宜的温度和时间下充分接触,完全固化;而涂胶量过高时,产品的胶层过厚,在一定的温度和时间下反而对胶黏剂固化产生不利影响,从而影响到影响产品的各项性能指标。

通过对试验结果进行分析,综合考虑各因素对板材的影响,本试验得出的优化生产工艺条件为:热压时间 1.4 min/mm 板厚,热压温度 130 ℃,双面涂胶量 380 g/m²。

3 验证试验

对优化生产工艺条件进行验证试验,按上述有关

(下转第 26 页)

2 结果和讨论

2.1 木素含量

测得 3 种木材的木素含量结果见表 1。

表 1 三种木材的木素含量测定结果

Tab. 1 Lignin content of the three species of wood

树种	酸不溶木素/%	酸溶木素/%	总木素/%
思茅松	28.32	0.23	28.55
枫香	25.77	4.48	30.25
杉木	34.98	0.26	35.24

2.2 活化木纤维的胶合性能

3 种木纤维用漆酶活化后,在同样条件下热压制得的纤维板的内结合强度检测结果见表 2。

为了减少板材密度对其内结合强度的影响,将结果进行处理,求得板材密度 D 为 1 g/cm^3 时,其强度随 pH 变化的趋势,如图 1 所示。

表 2 漆酶处理纤维制成的板材内结合强度

Tab. 2 Internal bond strength (IB) of boards made at different pH values (double-layer mats)

pH	思茅松		枫香		杉木	
	IB/MPa	$D/(g \cdot cm^{-3})$	IB/MPa	$D/(g \cdot cm^{-3})$	IB/MPa	$D/(g \cdot cm^{-3})$
3.0	0.710	1.1232	1.195	1.1314	1.097	1.1760
4.0	0.791	1.1275	0.983	1.1037	1.403	1.1926
5.0	0.538	1.1226	0.673	1.1174	1.448	1.1656
6.0	0.368	1.0886	0.502	1.1054	1.097	1.1521
7.0	0.514	1.0978	0.477	1.0618	0.624	1.1348

从图 1 可见,3 种木材中杉木纤维经漆酶处理后的胶合性能最佳,思茅松木纤维的胶合性能较低,其差异可能与其总木素含量高低有关。因为 3 个树种中,杉木的总木素含量最高,思茅松最低,故可能是木素含量越高,其纤维则含有更多能被漆酶活化并起胶合作用的木素。但是,由于 3 种木纤维的形态亦有一定差别,对板材的内结合强度也会有所影响。因此,这一结果也可能与原料的纤维形态有关。

(上接第 24 页)

标准进行板材性能检测的结果为:密度 ρ 为 0.45 g/cm^3 ,含水率 W 为 8.4% ,吸水厚度膨胀率 TS 为 5.3% ,静曲强度 MOR 为 60.7 MPa ,弹性模量 MOE 为 $9\ 300\text{ MPa}$,胶层纵向剪切强度 $S_{纵}$ 为 4.31 MPa ,胶层横向剪切强度 $S_{横}$ 为 1.71 MPa ,检测结果表明,其各项物理力学性能优于刨花板和中密度纤维板,完全适合于室内用材的要求。

4 结论

- 1) 利用人工速生材泡桐为原料、UF 树脂为胶黏剂生产 LVL 的工艺是可行的。
- 2) 泡桐木 LVL 的优化工艺参数为:热压时间

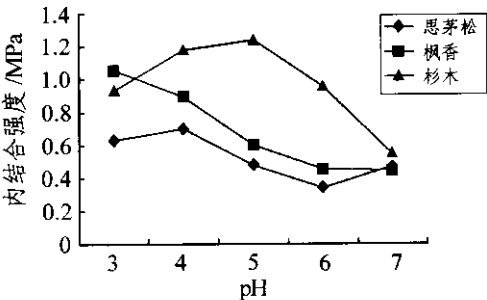


图 1 板材内结合强度随 pH 值的变化趋势

Fig. 1 Relationship between IB and pH value (double-layer mats)

为了得到较好的板材内结合强度,对 3 种木材进行漆酶活化处理时,介质的最佳 pH 值略有不同:思茅松与枫香的最适 pH 值均为 $3.0 \sim 4.0$,杉木最适 pH 值为 $4.0 \sim 5.0$ 。在酸性条件下处理,3 种木材纤维均可制得强度较好的板材。

3 结论

- 1) 在相同条件下用漆酶对 3 种木材纤维进行活化处理,不同树种木纤维显示不同的自身胶合性能,可能与其木素含量有关。
- 2) 3 种树种木纤维进行酶活化反应的介质最适 pH 值均在酸性范围,但略有差别。在本试验条件下,思茅松和枫香木纤维活化处理最佳 pH 值为 $3.0 \sim 4.0$,杉木纤维为 $4.0 \sim 5.0$ 。

参考文献:

- [1] 朱家琪,史广兴. 酶在木材胶合中的应用[J]. 木材工业,2003,17(5) 1-3.
- [2] 朱家琪,史广兴. 酶活化处理条件及其对松木纤维胶合性能的影响初探[J]. 林业科学,2004,40(4) 153-156.

1.4 min/mm板厚、热压温度是 $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、涂胶量 380 g/m^2 (双面),按此工艺生产泡桐木 LVL,其物理力学性能不仅优于天然泡桐锯材,而且优于刨花板和中密度纤维板,适合用作室内用材。

3) UF 树脂的泡桐木 LVL 可以达到建筑、家具制造、室内装饰等行业的用材要求,产品符合我国国情,生产成本低,因而具有广阔的市场发展前景。

参考文献:

- [1] 张一帆. 单板层积材的应用和发展前景[J]. 林产工业,2001,28(3) 9-12.
- [2] 陈雷,徐咏兰. 人工林杉木单板层积材制造工艺的研究[J]. 木材工业,2000,14(6) 3-5.