

研究与开发

阻燃杉木胶合层积材的制造工艺

肖忠平, 陆继圣

(福建农林大学材料工程学院, 福建南平 353001)

摘要: 利用质轻、松软、强度低、径级小的杉木间伐材, 经阻燃液浸渍处理、干燥后, 生产阻燃杉木胶合层积材。制出的胶合层积材物理力学性能满足日本农林集成材标准, 同时又具有一定的阻燃效果, 可供作室内装饰和家具等用材。

关键词: 杉木间伐材; 阻燃剂; 胶合层积材

中图分类号: S781.73, TS653.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2001)06-0016-03

Manufacturing Technology for Fire Retardant Treated Glue-laminated Wood from Chinese Fir Thinning

XIAO Zhong-ping, LU Ji-sheng

(College of Materiel Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, Fujian)

Abstract: This paper deals with manufacturing technology of fire retardant treated glue-laminated wood (GLW) from Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) thinning. The result showed that the glue-laminated wood indicated good fire-retardant effect and its physical and mechanical properties could reach requirement of JAS. It would be suitable for interior building material and furniture making, etc.

Key words: Chinese Fir thinning; Fire retardant; Glue-laminated wood (GLW)

我国森林资源相对贫乏, 木材的结构性短缺更加突出, 人工林速生材、小径材、次生林材将是新世纪木材工业原料的主体^[1]。杉木间伐材, 是福建省也是我国南方省份的一大木材资源, 由于材质较差, 结构疏松, 强度、硬度低等原因而未能得到有效的利用。另一方面, 随着消防法规的健全, 各行各业都将陆续考虑使用阻燃材料。因此, 研究开发以杉木间伐材为原料的阻燃杉木胶合层积材的工艺, 对充分利用森林资源, 提高木材资源使用价值和附加值等具有现实意义^[2]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试材 杉木间伐材由福建农林大学西芹教学林场提供, 径级 6~10 cm, 年轮数 7~11, 含水率 20%

~92%。

脲醛树脂胶 由三明胶合板厂提供, 以 NH_4Cl 为固化剂。

树脂型阻燃剂 自制, 主要成分为甲醛、尿素、三聚氰胺、磷酸铵盐、硼化物等。

1.2 工艺流程

杉木间伐材→截断→剖开→干燥↔锯制梯形板→阻燃浸渍→阻燃材干燥→涂胶→组坯→热压→冷却→阻燃杉木胶合层积材

1.3 试验方法

锯制梯形板 将对开材锯制成等腰梯形板, 角度为 60° , 四面刨光。

阻燃处理 采用真空加压浸渍工艺, 真空度为 0.08 MPa, 保持真空 1.5 h, 浸渍压力 0.7 MPa, 浸渍时间 2 h^[3]。处理剂浓度 25%, 处理剂吸入量平均 53 kg/m³。

阻燃材干燥 采用含水率干燥基准, 对阻燃处理试材进行再干燥, 最高温度不超过 65°C ^[4], 终含水率

收稿日期: 2001-04-16, 修改稿: 2001-05-25

基金项目: 福建省教育委员会基金资助项目

第一作者: 肖忠平(1970-), 男, 福建农林大学材料工程学院讲师, 硕士。

至 8%~12%。

涂胶 手工涂胶。将调好的胶液均匀涂布在梯形板的胶接面上,双面涂胶。涂胶后的梯形板如图 1 所示用手工铺在钢制框模中,排列方式:板材两侧为直角。试板尺寸为 400 mm(长)×300 mm(宽)×26 mm(厚)。

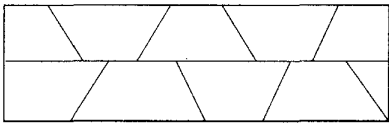


图 1 组坯方式

Fig. 1 Pattern of lay-up

热压工艺 按正交表 $L_{16}(4^5)$ 安排试验,考察热压压力、时间、温度和涂胶量 4 个因素对产品性能的影响,因素水平安排如表 1。

表 1 试验因素及水平安排

Tab. 1 Factors and levels

水平	因素			
	压力/MPa	时间/min	涂胶量/(g·m ⁻²)	温度/℃
1	1.0	12	250	105
2	1.4	15	300	115
3	1.8	18	350	125
4	2.2	21	400	135

1.4 检测方法

产品的物理力学性能测定参照日本农林水产省告示第 1145 号进行,氧指数测定参照 GB/T 2406-93 进行。

2 结果与分析

2.1 试验结果

阻燃杉木胶合层积材的物理力学性能及氧指数的试验结果见表 2,方差分析见表 3。

表 2 正交试验结果

Tab. 2 Results of orthogonal test

序号	静曲强度 MPa	弹性模量 ×10 ³ MPa	剥离率 %	剪切强度 MPa	氧指数 %	密度 g/cm ³
1	46.23	8.78	13.69	5.71	51.5	0.395
2	50.13	9.67	12.43	7.29	49.5	0.403
3	53.51	10.30	10.37	6.69	48.0	0.434
4	57.48	11.07	10.75	7.22	46.5	0.430
5	50.20	9.89	12.95	6.25	50.5	0.428
6	49.47	9.33	13.17	6.19	45.5	0.420
7	58.81	10.93	9.97	7.42	50.0	0.421
8	56.60	11.51	11.13	7.12	50.0	0.443
9	54.17	10.63	10.46	6.79	48.5	0.417
10	59.99	12.17	10.05	7.58	50.0	0.446
11	50.13	11.25	12.83	7.24	49.5	0.442
12	54.20	12.22	11.85	6.61	48.5	0.412
13	61.75	12.79	9.90	7.82	51.5	0.459
14	55.42	12.11	11.25	6.96	51.0	0.441
15	54.47	11.78	10.90	6.83	48.0	0.431
16	53.88	11.22	11.54	6.75	49.0	0.439

表 3 正交试验结果方差分析

Tab. 3 Variance analysis of orthogonal test

指标		热压压力	热压时间	涂胶量	热压温度	误差
静曲强度	均方	14.25	4.3	67.66	0.82	1.45
	均方比	9.83	2.97	46.66	0.57	
	显著性	*	*	***		
弹性模量	均方	3.37	0.66	1.90	0.24	0.27
	均方比	13.88	2.44	7.04	0.89	
	显著性	***	*	*		
剥离率	均方	0.78	0.49	5.66	0.18	0.52
	均方比	1.5	0.94	10.88	0.35	
	显著性			**		
剪切强度	均方	0.15	0.13	0.77	0.39	0.057
	均方比	2.63	2.28	13.5	6.84	
	显著性			**	*	
氧指数	均方	0.81	3.10	0.31	8.39	1.56
	均方比	0.52	1.97	0.20	5.38	
	显著性					

注: $F_{0.10}(3,3)=5.39$; $F_{0.05}(3,3)=9.28$; $F_{0.01}(3,3)=29.5$

*** 表示高度显著; ** 表示显著; * 表示较显著。

2.2 结果分析

各因素及其水平对阻燃杉木胶合层积材的物理力学性能的影响分析如下:

(1)热压压力 热压压力对杉木胶合层积材的静曲强度、弹性模量影响显著。随着压力增大,木材组织间结合紧密,胶合层积材密度也相应增大,静曲强度和弹性模量都有很大提高,同时浸渍剥离率有所下降。但压力太大易造成木材压溃,反而使其力学性能降低。所以,宜控制在 1.8~2.2 MPa。另外,为使热压过程中板坯中水蒸气顺畅排出,避免出现分层等现象,须采用逐段降压的办法,当冷却到 80℃ 以下后再卸压出板。

(2)热压时间 热压时间对胶合层积材静曲强度、弹性模量、剪切强度、浸渍剥离率的影响均不显著。随着热压时间的延长,木材压缩率增大,木材组织间结合紧密,胶合层积材的静曲强度和弹性模量逐渐增大;剪切强度和浸渍剥离率指标在热压时间 0.7~0.8 min/mm 时最佳,若热压时间再延长,胶层开始变脆,剪切强度则下降,浸渍剥离率增大。同时,也有可能引起木材内阻燃剂提前热分解,胶合层积材的表面变硬,颜色变深,从而影响到产品的物理力学性能和阻燃性能。综合考虑,热压时间一般宜控制在 0.7~0.8 min/mm 左右。

(3)涂胶量 涂胶量对阻燃杉木胶合层积材静曲强度高度显著,对弹性模量影响较显著,对浸渍剥离率、剪切强度的影响显著。随着涂胶量的增大,静曲强度、剪切强度显著增大,浸渍剥离率明显下降。从试验结果来看,要使胶合层积材具有较好的力学性能,用

胶量必须达到 300 g/m² 以上,以保证胶合面上形成连续胶层,并有足够的胶液渗入木材内部与木材充分浸润。否则不仅降低了胶合层积材的力学强度,而且使浸渍剥离率增大,严重时还会在浸水后胶缝胀裂;但涂胶量过大,胶液易被挤出,污染表面,也使生产成本提高。因此,一般采用 300~350 g/m²。

(4)热压温度 热压温度对阻燃杉木胶合层积材的剪切强度影响较显著,对静曲强度、弹性模量的影响不显著。在热压温度达 115 ℃后,随着热压温度的提高,胶合层积材的静曲强度、弹性模量和剪切强度下降,浸渍剥离率在 125 ℃后开始增大。这是由于热压温度提高、热压时间又长,胶层轻度变脆,同时,木材内阻燃剂的热分解程度加大,热解产物使木材发生热降解,从而降低产品的物理力学性能。在生产中,应在保证胶粘剂完全固化的前提下尽可能低,一般控制在 115~120 ℃为宜。

根据上述试验确定的较佳工艺参数进行验证试验,结果见表 4。

表 4 验证试验结果及统计分析

Tab. 4 Results and statistic of verification test

序号	静曲强度 MPa	弹性模量 ×10 ³ MPa	剥离率 %	剪切强度 MPa	氧指数 %	密度 g/cm ³
1	60.32	13.56	10.1	7.83	51	0.42
2	62.19	14.78	9.2	8.02	50.5	0.45
3	61.23	13.34	9.5	7.99	51	0.44
4	59.97	12.98	10.1	7.87	50	0.42
5	62.21	14.04	8.9	8.12	51	0.44
6	60.06	13.09	9.7	7.59	49.5	0.43
$\bar{x}$	61.00	13.63	9.58	7.90	50.5	0.43
s	0.925	0.677	0.483	0.186	0.632	0.013
σ	0.015	0.05	0.05	0.024	0.013	0.013
Δ	0.006	0.02	0.02	0.01	0.005	0.012

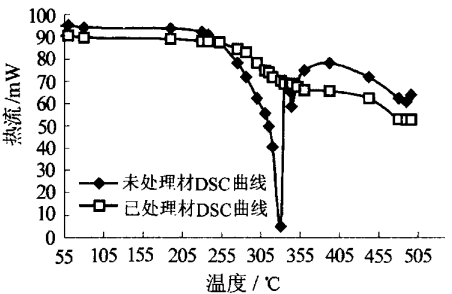
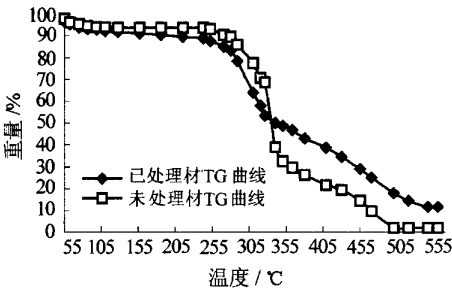
注: $\bar{x}$ -平均数; s -标准差; σ -变异系数; Δ -准确指数。

2.3 各因素及其水平对阻燃杉木胶合层积材阻燃性能的影响

(1)氧指数 随着热压压力的增大,氧指数有所提高;而随着热压时间的延长和热压温度的升高,氧指数下降。这是由于长时间的高温,导致阻燃剂分解程度加大;涂胶量增大,胶合层积材的氧指数也略有提高,因为脲醛树脂胶亦具有一定程度的阻燃性。总体而言,本试验所考察的几个因素对阻燃杉木胶合层积材氧指数的影响不很显著。

(2)TG 与 DSC 曲线分析 在热天平上,分别测试杉木间伐材素材与阻燃杉木胶合层积材木粉,其热重曲线(TG)和差热曲线(DSC)如图 2 所示。从图中可以看出,阻燃杉木胶合层积材控制了木材初期的剧烈热解过程,使热解失重速度降低;热解起始温度

降低,热解途径发生变化,向着有利于生成炭和不燃性物质方向转变;木炭产量提高,说明热解时可燃性挥发物小,能有效延缓火势蔓延;热解放热过程变缓,尖峰消失变平缓,说明能有效抑制有焰燃烧和无焰燃烧。



a. TG 曲线; b. DSC 曲线

图 2 杉木素材与阻燃杉木胶合层积材的 TG 和 DSC 曲线
Fig. 2 TG and DSC curves of Chinese Fir thinning and fire retardant treated GLW

3 结论

1)利用杉木间伐材生产阻燃杉木胶合层积材是可行的。杉木间伐材阻燃胶合层积材的主要物理力学性能达到日本农林集成材标准;且具有较好的阻燃效果,可以作为室内装修和家具用材。

2)以脲醛树脂胶为胶粘剂时,适宜的胶压工艺为:热压压力 1.8~2.2 MPa;热压时间 0.7~0.8 min/mm;热压温度 115~120 ℃,涂胶量(双面)300~350 g/m²;采用分段降压工艺。

参考文献:

[1] 王恺. 面向 21 世纪中国木材工业的发展初探[J]. 木材工业, 1999, 13(1):3~4.
[2] 宋孝金. 杉木间伐材的材性和工业化利用[J]. 林业科技开发, 2000, 14(2):27~29.
[3] 肖忠平. 杉木间伐材阻燃处理工艺的研究[J]. 林业科技开发, 2001, 15(1):22~23.
[4] 肖忠平. 杉木间伐材阻燃处理及机理分析[D]. 福建农林大学硕士学位论文,2001, 3.
[5] 陆继圣. 杉木胶合层积材的初步研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(2):97~99