

研究开发

改性豆基蛋白胶杨木刨花板的制造工艺

张亚慧, 祝荣先, 于文吉

(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: 探讨利用改性豆基蛋白胶压制杨木刨花板的工艺, 分析热压温度、热压时间、施胶量和防水剂加入量对杨木刨花板性能的影响, 提出厚 12 mm、密度 0.70 g/cm³ 杨木刨花板的最佳工艺条件为: 热压温度 170 ℃, 热压时间 14 min, 施胶量 10%, 防水剂加入量 1.4%。在此条件压制的板材的性能超过 GB/T 4897.4-2003 的要求。

关键词: 改性豆基蛋白胶; 杨木刨花板; 压制工艺; 物理力学性能

中图分类号: TS653.3; TQ432 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)03-0004-03

Manufacturing Technology of Poplar Particleboard with a Modified Soy-based Protein Adhesive

ZHANG Ya-hui, ZHU Rong-xian, YU Wen-ji

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

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

Abstract: The authors prepared a modified soy-based protein adhesive and used it to manufacture poplar particleboard. An orthogonal experiment was designed to optimize the following process parameters; hot pressing temperature and time, glue content and a water-proof agent. Results showed that under the 170 ℃ press temperature, 10% adhesive content, 1.4% water-proof agent spread, and 1.2 min/mm pressing time, the 0.70 g/cm³ density particleboard had mechanical properties exceeding the Chinese National GB/T 4897.4-2003 standard requirements.

Key words: modified soy-based protein adhesive; poplar particleboard; pressing technology; physical and mechanical properties

豆基蛋白胶作为传统的木材工业用胶, 最早出现于 1923 年制造花旗松胶合板; 自 20 世纪 40 年代, 石油基胶黏剂进入木材工业领域后, 大豆蛋白胶退出了木工胶的主导市场。近年来的研究发现, 对大豆蛋白进行改性和变性处理, 可使大豆蛋白胶具有合成树脂的性能, 不仅可以解决醛类胶黏剂释放游离甲醛的问题, 而且可以节约石油资源, 符合低碳经济的发展要求。因此, 豆基蛋白胶再次成为研究热点。

目前, 国外针对大豆蛋白胶的耐水性和胶接强度

进行了一系列研究。通过采用变性剂和交联剂, 可增强其耐水性, 控制黏度; 添加防腐剂, 防止胶霉变^[1]。我国对大豆蛋白胶的研究亦起步。如浙江大学^[2]采用 NaOH、十二烷基硫酸钠及脲改性的大豆蛋白胶压制刨花板, 板材的性能可达到美国标准 ANSI A208.1 中 M-S 级指标的要求; 但因热压温度(180 ℃)和施胶后刨花的含水率(23%)偏高, 导致压制过程中易出现“放炮”现象, 及板材的整体力学强度偏低等问题。

笔者等对豆基蛋白胶的研究目前也取得突破, 开发的豆基蛋白胶可以用于胶合板的生产^[3-4]。考虑到豆基蛋白胶的固化特点, 笔者又进行了苯酚改性豆基蛋白胶制造杨木刨花板的试验研究, 旨在低成本、高性能豆基胶的开发与应用, 提供技术依据。

收稿日期: 2009-09-24; 修改日期: 2010-04-09

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD07A07); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFINT2008C09)。

作者简介: 张亚慧(1983—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

通讯作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士。

1 试验材料及方法

1.1 原料

杨木(*Populus* spp.)刨花:树皮含量约 10%,规格为:长度 10~30 mm,宽度 3~10 mm,厚度 0.3~0.5 mm,干燥至含水率约 3%。

苯酚改性豆基蛋白胶:自制,红褐色不透明液体,性能指标为:黏度 1.67 Pa·s,固体含量 36.42%,pH 值 10.38,游离酚 0.11%,贮存期>30 天。

防水剂:粉末石蜡。

1.2 仪器设备

旋转黏度计、电子酸度计、热压机、电热恒温干燥箱、恒温水箱、微机控制电子式人造板试验机。

1.3 试验方法

1) 制板条件:设定密度 0.70 g/cm³,厚度 12 mm(厚度规控制),板坯幅面 34 cm×36 cm。采用空压喷胶法施胶,手工铺装,热压压力 3.5 MPa。

2) 试验设计:按正交表 $L_9(3^4)$ 设计试验,探讨热压温度、施胶量、热压时间和防水剂加入量等因素,对板材力学性能及吸水厚度膨胀率的影响。因为苯酚改性蛋白胶的固体含量较低,固化温度较高,施胶后刨花含水率升高,故采取较高的热压温度和较长的热压时间,以满足胶黏剂的固化要求,防止“放炮”现象的发生。每组试验平行压制 2 张板。

表 1 正交试验因素与水平
Tab.1 Experimental factors and levels

水平	A 热压温度/ ℃				B 施胶量/ %		C 防水剂/ %		D 热压时间/ min	
1	170				6		0.6		10	
2	185				8		1.0		12	
3	200				10		1.4		14	

3) 性能检测:按照 GB/T 14074-2006《木材胶黏剂及其树脂检验方法》,检测改性豆基蛋白胶的性能;根据 GB/T 4897.1~4897.7-2003《刨花板》和 GB/T

17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测刨花板的密度、内结合强度(IB)、静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)和 24h 吸水厚度膨胀率(24h TS)。每个检测项目各取 8 个试件,结果选取其平均值。

2 试验结果及分析

2.1 因素分析

改性豆基蛋白胶压制刨花板的主要性能检测结果,列于表 2;各因素的影响如图 1 所示。

2.1.1 对板材 MOR 的影响

施胶量对板材 MOR 的影响非常显著。随着施胶量的增大,板材的 MOR 几乎成直线增长。施胶量越大,刨花间的结合越牢固,故板材的 MOR 越高。

随着热压温度的升高,板材的 MOR 先保持基本恒定,然后逐步上升。热压时间对板材 MOR 的影响不明显,整体增长趋势缓慢。

防水剂的加入对板材的 MOR 产生了负面影响。随着防水剂加入量由 0.6% 增加到 1.4%,板材的 MOR 从 19.22 MPa 降至 18.15 MPa,主要是因为防水剂的加入,在一定程度上对刨花与胶黏剂的界面产生阻隔效应,从而降低板材的 MOR。

2.1.2 对板材 MOE 的影响

施胶量对板材的 MOE 影响显著。板材的 MOE 随着施胶量的增加而大幅增强。热压温度和时间对板材 MOE 的影响不显著;随着防水剂用量的增加,板材的 MOE 呈先增后降的趋势。

2.1.3 对板材 IB 的影响

随着施胶量、防水剂加入量的增加,板材的 IB 呈先上升后下降的趋势。

随着热压温度的升高,板材的 IB 先略微下降、后明显上升。当热压温度在 200 ℃ 时,板面颜色较深。

表 2 改性豆基蛋白胶杨木刨花板的物理力学性能
Tab.2 Properties of poplar particleboard made with modified soy-based protein adhesive

试 验 号	因子与水平				MOR/MPa			MOE/MPa		IB/MPa			24h TS/%		
	A	B	C	D	密度/ (g·cm ⁻³)	平均 值	变异系 数/%	平均 值	变异系 数/%	密度/ (g·cm ⁻³)	平均 值	变异系 数/%	密度/ (g·cm ⁻³)	平均 值	变异系 数/%
1	1	1	1	1	0.71	15.90	17.12	2 585.20	11.35	0.70	0.35	6.91	0.70	56.18	11.68
2	1	2	2	2	0.71	18.05	6.27	3 018.50	6.79	0.71	0.52	15.65	0.70	20.34	9.02
3	1	3	3	3	0.71	20.29	11.78	3 195.75	7.61	0.70	0.54	19.42	0.70	12.02	11.51
4	2	1	2	3	0.70	16.44	7.72	2 789.17	5.85	0.71	0.53	19.28	0.71	17.67	8.63
5	2	2	3	1	0.72	17.29	10.23	2 924.00	13.25	0.69	0.38	16.15	0.70	15.12	6.86
6	2	3	1	2	0.71	20.88	9.56	3 136.50	4.40	0.71	0.46	18.64	0.71	21.84	17.48
7	3	1	3	2	0.70	16.88	10.13	2 645.67	4.91	0.71	0.55	9.23	0.71	13.87	10.73
8	3	2	1	3	0.71	20.89	5.39	3 015.33	3.19	0.71	0.67	9.30	0.71	15.77	13.34
9	3	3	2	1	0.71	21.82	9.53	3 318.50	5.83	0.71	0.53	16.21	0.71	12.97	15.72

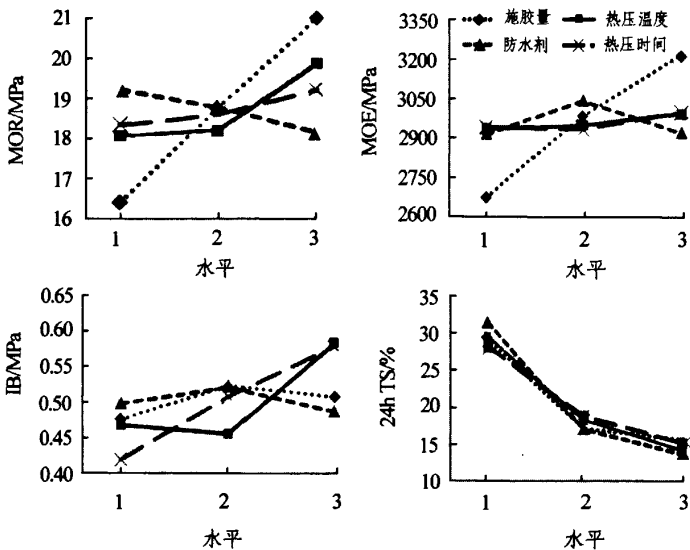


图1 各因子对板材各项性能的影响
Fig.1 Effect of each factor on properties of poplar particleboard

热压时间对板材 IB 的影响非常明显。随着热压时间的延长,板材的 IB 基本呈直线上升的趋势。因为延长热压时间有助于提高胶的固化程度,增加刨花之间的胶接力。

2.1.4 对板材 24h TS 的影响

施胶量和热压时间的改变,对板材耐水性能有明显的改善作用。增加施胶量和延长热压时间,有利于增强刨花之间的胶接力,平衡板内残余应力。

提高热压温度可明显降低板材的 24h TS,从 170℃ 上升到 200℃ 时,24h TS 下降了 51.87%。

防水剂对提高板材耐水性能的作用显著。随着其用量的增加,板材的 24h TS 由 31.27% 下降到 13.67%,达到了国家相关标准规定的要求。

2.2 验证试验

综合考虑热压能耗和板材耐水性能的要求,确定优化工艺参数为:热压温度 170℃,热压时间 14 min,施胶量 10%,防水剂加入量 1.4%,测得刨花板的主要性能列于表 3,超过了 GB/T 4897.4-2003《刨花板 第 4 部分:在干燥状态下使用的结构用板要求》。板材可作为承受一定载荷的室内建筑用刨花板,

表3 验证试验压制刨花板的性能

Tab.3 Properties of poplar particleboard made from verification experiment

指标来源	MOR/MPa	MOE/MPa	IB/MPa	24TS/%
压制刨花板	20.95	3 630.40	0.52	11.49
GB/T 4897.4-2003	≥17	≥2 300	≥0.4	≤16

应用于短时间水浸或高湿度等环境,如厨房、卫生间。

2.3 成本分析

与传统醛类胶黏剂相比,大豆蛋白胶中豆粉含量占 63%,大幅减少使用石油化工产品的比例。表 4 列出豆基蛋白质胶的主要原料价格及成本估算,可见其成本接近于脲醛树脂胶,但可消除传统醛类胶带来的甲醛污染问题。

表4 改性豆基蛋白质胶成本估算
Tab.4 Material cost for the modified soy-based protein adhesive

原料	单价/ (元·t ⁻¹)	用量/ kg	价格/ 元
豆粉	5 000.00	237.68	1 235.94
氢氧化钠	2 000.00	30.98	61.96
苯酚	7 500.00	69.88	524.08
水+其他助剂		661.46	231.51
改性胶		1 000.00	2 053.49

3 结论及建议

1) 利用新开发的苯酚改性豆基蛋白胶,在热压温度 170℃、热压时间 14 min、施胶量 10%、防水剂加入量 1.4% 的条件下,压制密度为 0.70 g/cm³ 的杨木刨花板,板材的 MOR、MOE、IB、24h TS 等性能指标值均超过了 GB/T 4897.4-2003 的要求。

2) 改性豆基蛋白胶应用于刨花板生产尚存在以下问题:

① 由于改性豆基蛋白胶的固体含量较低,施胶后刨花的含水率升高,当热压温度较高时,热压过程易出现“放炮”现象。本试验通过延长热压时间,可避免“放炮”现象,但工业化应用的解决方案仍有待研究;

② 改性豆基蛋白胶的黏度较大,在拌胶工艺中,会造成流量小、喷胶易堵塞等问题。因此,在今后的试验过程中,应根据其自身性质,进一步改进工艺。

参考文献:

[1] 张亚慧,于文吉.大豆蛋白胶黏剂在木材工业中的研究与应用[J]. 高分子材料科学与工程,2008,24(5):20-23.
[2] 方坤,盛奎川,席雷,等.基于改性大豆蛋白胶黏剂的刨花板性能研究[J]. 粮油加工,2008(11):74-77.
[3] 张亚慧,于文吉,张方文.改性豆基蛋白胶的热反应特性与胶合工艺[J]. 木材工业,2008,22(1):23-25.
[4] 张亚慧,祝荣先,于文吉.改性豆基蛋白胶黏剂用于杨木胶合板生产初探[J]. 中国人造板,2008,7(6):6-8.

(责任编辑 向 琴)