

研究与开发

杨木单板增强秸秆板制备工艺

左迎峰¹, 吴义强¹, 吕建雄^{1,2}, 朱晓丹¹

(1. 中南林业科技大学材料科学与工程学院, 湖南长沙 410004; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 采用自主研发的无机胶黏剂, 制备杨木单板增强秸秆板, 进行了单因素试验和正交优化工艺试验。结果表明, 涂胶量和热压工艺对试板的静曲强度、弹性模量、表面结合强度、浸渍剥离长度影响明显; 采用优化工艺制备的复合板, 其静曲强度、弹性模量、表面胶合强度和浸渍剥离长度, 分别达到 GB/T 18103-2013《实木复合地板》和 GB/T 15104-2006《装饰单板贴面人造板》要求。

关键词: 无机胶黏剂; 单板; 秸秆板; 增强

中图分类号: TS653; S51; S792.11 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2015)06-0018-04

Manufacturing Technology of Straw Board Reinforced with Poplar Veneer

ZUO Ying-feng¹, WU Yi-qiang¹, LV Jian-xiong^{1,2}, ZHU Xiao-dan¹

(1. College of Materials Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China; 2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forest, Beijing 100091, China)

Abstract: Straw boards reinforced with poplar veneer were manufactured with inorganic adhesives developed by the authors. Optimal process parameters were obtained by orthogonal experiments. Testing results showed that glue spread, hot pressing temperature, time and pressure all significantly influenced properties of the samples. Within optimal experimental parameters, modulus of elasticity, modulus of rupture, surface bonding strength and delamination of the samples could meet the requirements of National Standard GB/T 18103-2013 parquet and GB/T 15104-2006 decorative veneered wood-based panels.

Key words: inorganic adhesive; poplar veneer; straw board; reinforcement

过去十余年里,我国秸秆板的应用研究主要集中在建筑、家具和室内装修等方面。近年来,秸秆板的应用研究扩展到地板生产。已有研究采用异氰酸酯改性脲醛树脂胶,制备秸秆板作为地板基材;也有利

用三聚氰胺改性脲醛树脂作为贴面用胶黏剂,制备秸秆层积材地板;板材的力学性能、吸声性能等均能符合相关国家标准要求^[1-2]。

为了拓展秸秆板在地板生产中的应用,笔者开发出一种无机胶用于制备杨木单板增强秸秆板,通过在秸秆板的上下表面贴覆杨木单板,热压胶合而成,用做复合地板基材。与以往秸秆板生产常用异氰酸酯胶和单板贴面用脲醛树脂胶相比,使用无机胶生产板材,操作简单,与秸秆板有较好的界面相容性,且无有机挥发物污染,生产成本低^[3-4]。

本研究针对使用该无机胶黏剂制备杨木单板增

收稿日期: 2015-06-29; 修改日期: 2015-10-09

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题“人造板节能环保制造技术与示范”(2012BAD24B03); 国家林业公益性行业科研重大专项“低成本无烟高效阻燃木质材料制造关键技术研究”(201204704); 国家自然科学基金“互穿聚合物网络结构硅酸盐木材胶黏剂致韧机理及界面黏合机制”(31300485); 高等学校博士学科点专项科研基金课题(20124321120001); 湖南省科技计划项目(2012NK3108)。

作者简介: 左迎峰(1986—), 男, 中南林业科技大学讲师。

强秸秆板,先采用单因素试验法,探索涂胶量、热压温度、热压时间和热压压力对板材性能的影响,再利用正交试验优化工艺参数,为单板增强秸秆板的制备及生产提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 稻秸,连云港某公司提供,含水率 10%~12%,细料和粗料的筛分值,见表 1。

表 1 稻秸碎料的筛分值

Tab. 1 Screening value of rice straw particles

细料		粗料	
原料直径/mm	筛分值/%	原料直径/mm	筛分值/%
≥10	4.0	≥15	5.4
5~10	17.8	10~15	22.8
3~5	65.3	8~10	58.3
≤3	12.9	≤8	13.5

2) 杨木(*Populus* spp.)单板,湖南某公司提供,含水率 8%~10%,幅面 320 mm×220 mm,厚度 1.2~1.5 mm。

3) 硅酸盐无机胶黏剂,自主研发,主剂为氯化镁、氧化镁、硅酸钠;改性剂为磷酸三钠、硫酸亚铁等。固体含量 66.5%,黏度 49.5 mPa·s。用于秸秆板芯板制备及后期杨木单板贴面加工。

1.2 试验装置

YQ32 型热压机;MWD-W10 型万能力学试验机。

1.3 试板制备

秸秆芯板加工采用成熟固定冷压工艺进行,性能达到相关标准要求后,进行后期热压贴面加工,贴面工艺参数采用单因素试验和正交试验进行优化。

1) 芯板——秸秆板制备

依据实际生产工艺,粗料、细料按质量比 1:1,胶黏剂、秸秆质量比按 2.2:1,将粗料、细料及无机胶黏剂混合、充分搅拌,倒入模具内手工铺装。

将板坯送入冷压机保压 48 h 后,脱模养护 8 天,得到规格(长×宽×厚)为 320 mm×220 mm×10 mm、密度为 1.0 g/cm³的秸秆板。

经检测,芯板静曲强度、弹性模量分别为 16.2 MPa 和 3 340 MPa,内结合强度为 0.83 MPa,24 h 吸水厚度膨胀率为 2.6%,满足 GB/T 21723-2008《麦

(稻)秸秆刨花板》要求。

2) 复合板——杨木单板增强秸秆板制备

秸秆板表面打磨后,涂布无机胶,再将杨木单板贴覆于基材上下表面,陈放 20 min 后,热压制成杨木单板增强秸秆板。

依据预试验结果,设定各因素的水平。采用单因素试验法,探讨各因素对试板性能的影响。

① 单面涂胶量

200、250、300、350、400 g/m²,固定热压温度 120 °C,时间 15 min,压力 2.0 MPa。

② 热压温度

90、100、110、120、130、140 °C,固定单面涂胶量 300 g/m²,热压时间 15min,压力 2.0MPa。

③ 热压时间

5、10、15、20、25、30 min,固定单面涂胶量 300 g/m²,热压温度 120 °C,压力 2.0 MPa。

④ 热压压力

0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 MPa,固定单面涂胶量 300 g/m²,热压温度 120 °C,时间 15 min。

依据单因素试验结果,设定正交试验各因素水平,进一步优化工艺参数。

1.4 性能测试

复合板制备完成后陈放 24 h 后进行检测。因我国尚无单板增强秸秆板的性能检测标准,故参考如下标准进行:

1) 参照 GB/T 18103-2000《实木复合地板》,检测试板的静曲强度(MOE)、弹性模量(MOR);

2) 参照 GB/T 15104-2006《装饰单板贴面人造板》,检测试板的浸渍剥离性能(Ⅲ类和Ⅱ类)和表面胶合强度。

其中,Ⅲ类浸渍剥离试验,是将试件置于(35±3) °C的水中浸泡 2 h,取出后置于(63±3) °C的干燥箱中 3 h 后测试;Ⅱ类浸渍剥离试验,将试件置于(63±3) °C水中浸泡 3 h,取出后置于(63±3) °C的干燥箱中 3 h 后测试。

2 结果与讨论

2.1 各因素水平时复合板的性能

不同涂胶量和热压工艺下,复合板的性能检测结果,如表 2 所示。

表 2 涂胶量和热压工艺对
杨木单板增强秸秆板性能的影响

Tab. 2 Effect of glue spread and hot pressing process on properties of veneer reinforced straw board						
影响 因素	水平	MOR/ MPa	MOE/ MPa	胶层剥离长度/mm		表面胶合 强度/MPa
				Ⅱ类	Ⅲ类	
涂胶量/ (g·m ⁻²)	200	36.7	4600	54	23	0.32
	250	43.0	5100	27	9	0.48
	300	48.3	5600	1	0	0.82
	350	45.7	5400	10	4	0.62
	400	38.1	4400	21	11	0.36
热压 温度/ ℃	90	44.2	4300	58	28	0.25
	100	45.7	5200	24	12	0.33
	110	47.4	5600	12	4	0.65
	120	48.3	5600	2	0	0.82
	130	46.8	4600	12	8	0.70
	140	42.0	4200	7	10	0.59
热压 时间/ min	5	36.3	4900	52	36	0.26
	10	39.0	5200	28	17	0.45
	15	48.3	5600	2	0	0.82
	20	47.2	5500	0	0	0.89
	25	43.3	5200	19	8	0.65
	30	38.7	5200	27	11	0.58
热压 压力/ MPa	0.5	26.0	4200	61	28	0.25
	1.0	40.2	4800	26	14	0.44
	1.5	48.3	5600	2	0	0.82
	2.0	46.7	5200	0	0	0.65
	2.5	41.2	4200	31	22	0.55
	3.0	40.4	4000	37	28	0.42
标准规定值		30.0	4000	<25		≥0.4

表 3 优化工艺试验单板增强秸秆板的胶层剥离长度和胶合强度

Tab. 3 Delamination and surface bonding strength of veneer reinforced straw board						
试验号	涂胶量/ (g·m ⁻²)	热压 温度/℃	热压 时间/min	热压 压力/MPa	Ⅱ类胶层 剥离长度/mm	表面胶合 强度/MPa
1	280	115	12	1.8	17.0	0.67
2	280	120	15	1.8	11.0	0.73
3	280	125	18	2.1	19.0	0.63
4	300	115	15	2.1	6.0	0.78
5	300	120	18	1.5	0	0.93
6	300	125	12	1.8	4.0	0.83
7	320	115	18	1.8	3.0	0.85
8	320	120	12	2.1	5.5	0.80
9	320	125	15	1.5	8.0	0.79
Ⅱ类胶层 剥离长度	均值 1	15.667	8.667	8.833	8.333	
	均值 2	3.333	5.500	8.330	6.000	
	均值 3	5.500	10.333	7.333	10.167	
	极差	12.334	4.833	1.500	4.167	
表面 胶合 强度	均值 1	0.673	0.763	0.763	0.793	
	均值 2	0.847	0.820	0.767	0.803	
	均值 3	0.813	0.750	0.803	0.737	
	极差	0.174	0.070	0.040	0.066	

由表 2 可见,涂胶量为 300 g/m²时,复合板的各项指标达到最优。为获得更优化的工艺,在 300 g/m²涂胶量基准上各增减20 g/m²,即设定 280、300、320 g/m²进行正交试验。

热压温度为 120 ℃时,复合板的各项性能最优。为准确评价温度的影响,选择 115、120、125 ℃,进行正交试验。

在热压 15 min 时,试板的 MOR 和 MOE 是最优的;热压 20 min 时,浸渍剥离长度最小、表面胶合强度最优。综合考虑各项指标,热压时间选择 12、15、18 min,进行正交试验。

热压压力为 1.5 MPa 时,复合板的弯曲强度、表面胶合强度最优;热压压力为 2.0 MPa 时,浸渍剥离长度最小。综合考虑,热压压力选择 1.5、1.8、2.1 MPa,进行正交试验。

2.2 复合板制备的优化工艺试验

依据单因素试验结果确定的各因素较优水平,进行正交试验,得到复合板最优加工工艺参数,Ⅱ类胶层剥离长度和表面胶合强度的检测结果列于表 3;试板的胶层剥离长度和表面胶合强度变化趋势,如图 1 所示。

表 3 结果显示,在较优的工艺参数范围内,试板的Ⅱ类胶层剥离长度和表面胶合强度,均符合标准要求。

由极差值可知,各因素对这 2 项检测指标的影响程度依次为:涂胶量>热压温度>热压压力>热压时间。

从图 1 看出,涂胶量从 280 g/m²增至 300 g/m²,试板的胶层剥离长度减小,表面胶合强度增大;热压温度由 115 ℃升至 120 ℃,试板的胶层剥离长度减小,表面胶合强度增大,升至 125 ℃时,试板的剥离长度增大、表面胶合强度降低;热压时间从 12 min 增至 18 min,试板的胶层剥离

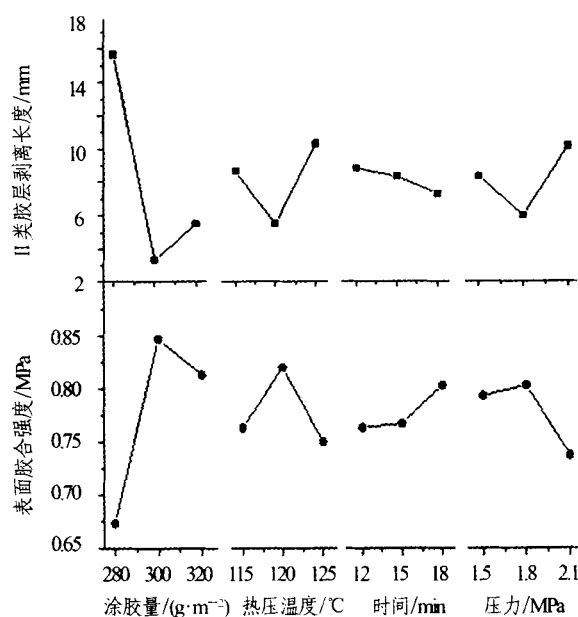


图1 各因素对试板胶层剥离长度和表面胶合强度的影响

Fig. 1 Effect of factors on delamination and surface bonding strength of veneer reinforced straw board

长度减小,表面胶合强度增大;热压压力从1.5 MPa增至1.8 MPa,试板的胶层剥离长度减小,表面胶合强度增大,继续增至2.1 MPa,胶层剥离长度增大、表面胶合强度减小。

分析原因:在温度和压力作用下,胶黏剂析出的 SiO_2 胶体具有极大活性,沿着杨木单板和秸秆板的表面向胶层内部迅速扩散,与端羟基作用形成 $-\text{Si}-\text{O}-$;同时,胶黏剂中的氯化镁和氧化镁,在氧化作用下形成氧化物薄膜,与 SiO_2 作用形成 $-\text{Si}-\text{O}-$,提高胶合强度^[5-6]。

1) 涂胶量 涂胶量过小,无机胶黏剂分布不均匀,单板和秸秆板芯板之间不能形成连续、完整的胶层;涂胶量过大,胶层增厚,固化后内应力增大,胶黏剂自身的强度降低,导致单板和芯板之间的胶合强度下降。

2) 热压温度 热压温度过低,使得胶黏剂不能固化完全;热压温度过高则导致胶黏剂固化加快,渗透不充分,从而使胶黏剂与芯板和杨木单板之间的作用减弱。

3) 热压时间 热压时间过短,板坯中水分未完全蒸发,胶层不能完全固化;时间过长易使单板变脆,强度下降,导致复合板的力学性能降低。

4) 热压压力 压力过小时,流动性较差的无机胶在杨木单板和芯板之间不能很好地延展,不易形成连续胶层;压力过大时,杨木材质松软易破坏,强度下降,导致复合板的力学性能降低。

综上,较优的工艺为 $\text{A}_2\text{B}_2\text{C}_3\text{D}_2$,即涂胶量 300 g/m^2 、热压温度 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 、热压时间 18 min 、热压压力 1.8 MPa 。

采用该优化工艺制备的杨木单板增强秸秆板,经检测,其MOR为 48.6 MPa ,MOE为 $5\,700\text{ MPa}$,均未出现Ⅲ类和Ⅱ类胶层剥离,表面胶合强度达到 0.87 MPa 。

3 结论

1) 单因素试验结果显示,涂胶量、热压温度、热压时间和热压压力均对杨木单板增强秸秆板的MOR和MOE、胶层剥离长度、表面胶合强度有明显影响;依据试板性能,确定本试验条件下各因素较优的工艺参数范围。

2) 在正交试验中,所有杨木单板增强秸秆板试样的浸渍剥离长度和表面胶合强度,均符合GB/T 15104-2006要求。本试验范围内,优化的加工工艺参数:涂胶量 300 g/m^2 ,热压温度 $120\text{ }^\circ\text{C}$,热压时间 18 min ,热压压力 1.8 MPa 。

参考文献:

- [1] 卢杰,张显权,张红杰.改性异氰酸酯树脂胶玉米秸秆皮板工艺[J].东北林业大学,2012,40(7):142-144.
- [2] 杨小军.农作物秸秆层积材地板的开发研究[D].中南林学院,2004.
- [3] Zhang X L, Wu Y Q, Yang S L, et al. Effect of curing technology on bonding properties of silicate wood adhesive [J]. Materials Research Innovations, 2014, 18(S2): 532-536.
- [4] 符彬,李新功,潘亚鸽,等.无机麦秸碎料板制备及性能[J].功能材料,2015,46(1):1112-1116.
- [5] Kouassi S S, Tognonvi M T, Soro J, et al. Consolidation mechanism of materials obtained from sodium silicate solution and silica-based aggregates[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2011, 357(15): 3013-3021.
- [6] 徐峰,刘成伦.硅酸盐无胶粘剂固化形成力学[J].北京联合大学学报,2009,23(2):44-48.

(责任编辑 张一萍)