

制板工艺因子对硅酸钠/酚醛树脂玉米秸秆刨花板性能的影响

任伟斌, 李春风, 刘宇, 刘明利, 崔鑫

(北华大学材料科学与工程学院, 吉林吉林 132000)

摘要: 采用硅酸钠/酚醛树脂胶制备玉米秸秆刨花板, 考察工艺因子对试板物理力学性能的影响。结果表明: 随着施胶量增加、热压温度升高、热压时间延长, 试板吸水厚度率逐渐减小, 静曲强度、弹性模量和内结合强度呈先增大后减小的趋势。按照优化工艺: 施胶量 17%、热压温度 180 °C, 热压时间 20 s/mm, 制备试板的吸水厚度膨胀率和力学性能均满足 GB/T 4897-2015《刨花板》中干燥状态下使用的家具型刨花板的(P2型)的要求。

关键词: 玉米秸秆刨花板; 制板工艺; 硅酸钠/酚醛树脂; 性能

中图分类号: TS653; S789

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654 (2019) 04-0058-03

Effect of Manufacture Technology on Properties of Corn Straw Particleboard Made with Sodium Silicate/Phenolic Resins

REN Wei-bin, LI Chun-feng, LIU Yu, LIU Ming-li, CUI Xin

(Materials Science and Engineering College of Beihua University, Jilin 132000, Jilin, China)

Abstract: Corn straw particleboard samples were manufactured with sodium silicate/phenolic resins. Effects of the resin consumption, hot pressing temperature and pressing time on physical and mechanical properties of the samples were then investigated.

24h-thickness swelling (TS) property of the samples presented a decrease trend while modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and internal bond strength (IB) of the samples showed increased and then decreased tendency, with increased resin consumption, hot pressing temperature and hot pressing time. Optimized manufacturing parameters were 17% of resin consumption, 180 °C of hot pressing temperature, and 20 s/mm of hot pressing time. The TS and mechanical properties of the board samples could meet the requirements of GB/T 4897-2015 for P2 type.

Key words: corn straw particleboard; manufacture technology; property; sodium silicate/phenolic resin

农作物秸秆作为再生资源, 每年的资源总量高

达 7×10^8 t^[1], 其中玉米秸秆的年产量为 3.5 亿 t。目前, 大部分秸秆被焚烧处理, 不仅浪费资源, 且污染环境^[2]。开发秸秆刨花板的制备技术, 不仅可以节约木材资源, 减少秸秆焚烧带来的环境污染, 最重要的是提高秸秆自身的经济价值和利用率。

然而, 玉米秸秆表面有一层蜡质层, 用于制备人造板时, 会影响胶黏剂与秸秆的胶合界面, 最终

收稿日期: 2018-09-18; 修改日期: 2019-06-08

基金项目: 国家自然科学基金“增韧三聚氰胺甲醛树脂制备及合成机理研究”(31400503); 吉林省大学生创新创业项目“酚醛树脂/硅酸钠复合改性人工速生杨木研究”(201317096)。

作者简介: 任伟斌(1995—), 男, 硕士研究生, Email: 2621564355@qq.com。

责任作者: 李春风, 男, 副教授, Email: 350300302@qq.com。

影响板材的胶合强度。但在碱性条件下，秸秆表面的蜡质层可发生降解^[3]，因此，考虑选用碱性的酚醛树脂（PF）作为胶黏剂，并在PF树脂中添加适量的硅酸钠与其形成互穿网络结构，用来提高板材的性能，并弥补玉米秸秆材质较软的不足^[4]。

鉴于此，笔者探讨工艺因子对玉米秸秆刨花板性能的影响，为玉米秸秆刨花板制备技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

- 1) 玉米秸秆刨花：长15~25 mm，宽3~5 mm，含水率为3%。自制。
- 2) 酚醛（PF）树脂胶：黏度110 mP·s，固体含量43%，pH值10。外购。
- 3) 添加剂：硅酸钠，粘稠液体，黏度27 mP·s，固体含量39%，pH值12。外购。

1.2 试验设备

电热鼓风干燥机器，热风循环烘箱，平板硫化机，液压式木材万能试验机等。

1.3 试验方法

根据前期预试验，将硅酸钠和PF树脂按37：100的质量比混合调配，调制后的黏度80 mPa·s；固体含量41%，pH值11。

在预试验的基础上，选择 $L_9(3^3)$ 正交试验。热压压力固定为3.5 MPa，考察施胶量（A）、热压温度（B）、热压时间（C）等制板因子对板材性能的影响。因素与水平见表1。

表1 试验因素与水平
Tab.1 Experiment factors and levels

因素	水平		
	1	2	3
A 施胶量/%	16	17	18
B 热压温度/℃	170	180	190
C 热压时间/(s·mm ⁻¹)	16	20	24

秸秆刨花板试板的目标密度设计为0.7 g/cm³，采用拌胶机自动拌胶，拌胶后干燥刨花至含水率10%，手工铺装。试板规格为310 mm×310 mm×15 mm，每个试验条件制备3块试板。

1.4 性能测试

参照GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理

化性能试验方法》测试板材的24 h吸水厚度膨胀率（24 h TS）、静曲强度（MOR）、弹性模量（MOE）、内结合强度（IB）。参照GB/T 4897-2015《刨花板》评价试板的性能。

每项指标取8个有效试件的平均值。

2 结果与分析

试板性能测试结果及极差分析结果，列于表2。

表2 试板的物理力学性能及极差分析
Tab.2 Mechanical properties and range analysis of corn straw particleboard samples

编号	A	B	C	TS/%	MOR/MPa	MOE/GPa	IB/MPa
1	1	1	1	7.89	8.4	1.34	0.30
2	1	2	2	7.01	12.9	2.21	0.32
3	1	3	3	7.56	15.6	2.61	0.57
4	2	1	2	6.89	18.9	3.14	0.67
5	2	2	3	7.41	12.3	2.09	0.81
6	2	3	1	7.95	14.7	2.57	0.44
7	3	1	3	7.06	7.9	1.33	0.16
8	3	2	1	6.92	11.2	1.87	0.25
9	3	3	2	7.89	12.6	2.11	0.26
TS	x ₁	7.48	7.28	7.58	B>C>A	A ₃ B ₂ C ₂	
	x ₂	7.41	7.11	7.26			
	x ₃	7.29	7.80	7.34			
	R	0.19	0.69	0.32			
MOR	x ₁	12.3	11.6	11.4	A>C>B	A ₂ B ₃ C ₂	
	x ₂	15.3	12.4	14.8			
	x ₃	10.6	14.3	11.9			
	R	4.7	2.7	3.4			
MOE	x ₁	2.05	1.93	1.92	A>C>B	A ₂ B ₃ C ₂	
	x ₂	2.60	2.05	2.48			
	x ₃	1.77	2.43	2.01			
	R	0.83	0.50	0.56			
IB	x ₁	0.40	0.33	0.30	A>C>B	A ₂ B ₃ C ₃	
	x ₂	0.64	0.41	0.41			
	x ₃	0.22	0.51	0.54			
	R	0.42	0.18	0.24			

2.1 制板工艺因子的影响

1) 施胶量 随着施胶量增加，TS呈逐渐减小的趋势，MOR、MOE和IB呈先增后减的趋势。

随着施胶量的增加，TS逐渐增加，这是因为酚醛树脂与秸秆中木质素芳环上的氢发生缩合反应的比例越大^[5]，从而使胶黏剂与木材之间连接的更加紧

密,进一步阻止了水分的进入,同时,也使试板的 MOR、MOE 和 IB 相应提高。但随着胶黏剂用量进一步增多,体系中的硅酸钠也逐渐增多,硅酸钠具有较强的吸湿性和较大脆性^[6-7],导致 MOR、MOE 和 IB 有所降低。综合考虑,选取施胶量为 17%。

2) 热压温度 随着热压温度升高,TS 呈先减小再增大的趋势,MOR、MOE 和 IB 逐渐增大。

热压温度升高,秸秆刨花板内亲水的羟基基团数量逐渐减少,有助于改善板材的耐水性能,故 TS 降低;同时,酚醛树脂固化更加充分,使试板的 MOR、MOE 和 IB 得到改善。综合考虑试板的性能及热能消耗等因素,选取热压温度为 180℃。

3) 热压时间 随着热压时间的延长,TS 呈先减小再增大的趋势,MOR 和 MOE 呈相反的趋势,IB 则呈一直增加的趋势。

热压时间为 16 s/mm 时,由于有硅酸钠的加入,导致酚醛树脂没能完全固化;随着热压时间延长,胶黏剂固化逐渐充分,故试板的 TS 降低,相应 MOR 和 MOE 增加;热压时间进一步延长,易使秸秆刨花板变脆,MOR 和 MOE 反而降低。综合考虑到生产效率等因素,最终确定优化的热压时间为 20 s/mm。

2.2 验证试验

通过对生产成本、能耗、生产效率以及试板性能的综合考虑,确定最优工艺参数为:施胶量 17%、热压温度 180℃、热压时间 20 s/mm。

按优化参数制板进行验证,并以 PF 树脂为胶黏剂,按相同热压工艺制备对照试板。试板的性能测试结果列于表 3。

表 3 优化工艺制备试板的性能

Tab.3 Properties of board samples manufactured with optimized technology

指标	实际测试值	对照组	GB/T 4897-2015 标准限值
TS/%	6.21	5.36	≤8.0
MOR/MPa	17.60	15.90	≥11.0
MOE/GPa	2.91	2.39	≥1.6
IB/MPa	0.62	0.68	≥0.35

由表 3 可知,采用硅酸钠/酚醛树脂胶制备试板的抗弯性能优于对照组,但 TS 和 IB 性能不及对照组,但仍然满足 GB/T 4897-2015 中干燥状态下使用的家具型刨花板(P2 型)的要求。

3 结论

1) 在本试验范围内,按照优化工艺,以硅酸钠/酚醛树脂胶制备玉米秸秆刨花板的抗弯性能优于酚醛树脂胶制备的试板;但吸水厚度膨胀率和内结合强度不及醛树脂胶制备的试板。

2) 硅酸钠/酚醛树脂胶制备玉米秸秆刨花板的性能满足 GB/T 4897-2015《刨花板》中干燥状态下使用的家具型刨花板(P2 型)的要求。

3) 以玉米秸秆为原料制备刨花板,将替代部分以木材为原料的刨花板,减少木材消耗、节约资源;板材可以用于家具制造、包装材料、非承重墙板等方面,市场前景可观。

参考文献:

[1] 戴皖宁,王丽学,王晓帆,李振华. 秸秆覆盖和生物炭对玉米田间地温和产量的影响[J]. 生态学杂志, 2019, 38(3): 719-725.
DAI W N, WANG L X, WANG X F, LI Z H. Effects of straw mulching and biochar addition on soil temperature and maize yield[J]. Chinese Journal of Ecology, 2019, 38(3): 719-725.

[2] 马丹丹. 农作物秸秆处理问题的研究及对策[J]. 农业开发与装备, 2018(10): 48-52.
MA D D. Research and countermeasures on the treatment of crop straw[J]. Agricultural Derelopment & Equipments, 2018(10): 48-52.

[3] 何金存,周志芳,王宏棣,王齐. 利用改性胶粘剂制备玉米秸秆皮层刨花板的工艺研究[J]. 林业科技, 2014, 39(1): 23-25.
HE J C, ZHOU Z F, WANG H D, WANG Q. Study of preparation technology of corn stalk bark shaving board with modified adhesive[J]. Forestry Science & Technology, 2014, 39(1): 23-25.

[4] 罗懿. 水溶性酚醛树脂-水玻璃互穿网络结构耐温堵剂的合成与性能评价[J]. 石油与天然气化工, 2016, 45(4): 55-58.
LUO Y. Synthesis and performance evaluation of high temperature plugging agent with IPN gel formed with water soluble phenol-formaldehyde resin and sodium silicate[J]. Chemical Engineering of Oil & Gas, 2016, 45(4): 55-58.

[5] 刘纲勇. 木质素酚醛树脂与木材界面反应的研究[J]. 广东化工, 2011, 38(3): 105-107.
LIU Y G. Study on interfacial reaction between wood and lignin phenol formaldehyde Adhesive[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(3): 105-107.

[6] Furuno T, Aono S, Uehara T. Mechanical properties of wood-mineral composites using the water glass-boron compound system[J]. Journal of the Society of Materials Science, 1996, 45(6): 687-693.

[7] 王德福,李春风,刘明利,陈玲,刘彦龙. 热处理与硅酸钠联合改性杨木的物理力学性能[J]. 木材工业, 2016, 30(6): 31-34.
WANG D F, LI C F, LIU M L, CHEN L, LIU Y L. Properties of poplar wood modified by a combined process of sodium silicate solution impregnation and heat treatment[J]. China Wood Industry, 2016, 30(6): 31-34.

(责任编辑 孟凡丹、向 琴)