

文章编号: 1000-5692(2002)02-0118-04

木质水泥刨花板快速固化的热压工艺

叶良明, 姜志宏, 鲍滨福, 余学军, 俞友明

(浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 采用三元二次正交旋转组合设计, 研究了热压温度、热压时间和硅酸钠的添加量等3个因子对热压法快固水泥刨花板性能的影响。研究的固定工艺条件为: 灰木比为2.6, 水灰比0.6, 热压压力2.8 MPa, 设计密度 $1.2\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。结果表明: ①热压温度对静曲强度、平面抗拉强度、吸水厚度膨胀率和密度的影响都是显著的, 且呈二次抛物线关系, 但对抗弯弹性模量的影响不显著。②热压时间对抗弯弹性模量、平面抗拉强度、密度和吸水厚度膨胀率的影响是显著的, 且呈线性关系。③添加剂的添加量对静曲强度、密度和平面抗拉强度的影响是显著的, 且呈二次抛物线关系。④热压法制快速固化水泥刨花板时, 最佳的热压温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 热压时间为12 min, 硅酸钠的添加量为 $100\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。表5参5

关键词: 水泥刨花板; 快速固化; 热压工艺; 正交旋转组合设计; 杉木
中图分类号: TS653.5; S784.53 文献标识码: A

木质水泥刨花板的快速固化是水泥刨花板(CPB)研究的热点, 国内外有众多的专家学者正在从事这方面的研究。就近些年的研究来看, 研究的方向主要是利用二氧化碳(CO_2)注入法^[1,2]和利用普通热压机的热压法^[3,4]。作者通过高温高压和添加剂共催的热压机热压法制备快速固化水泥刨花板, 探讨快速固化水泥刨花板的较佳热压工艺和添加剂的添加量。

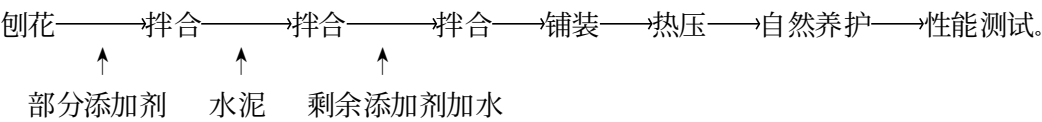
1 研究方法

1.1 试验材料和设备^[5]

- 1.1.1 刨花 杭州木材总厂的机(床)刨杉木 *Cunninghamia lanceolata* 刨花, 含水率16.3%, 其结构形态蓬松, 平均尺寸约为 $0.2\sim0.5\text{ mm}\times20.0\sim38.0\text{ mm}\times2.0\sim4.0\text{ mm}$ 。
 - 1.1.2 添加剂 硅酸钠(Na_2SiO_3), 购自浙江省临安市, 质量分数为 $410\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。
 - 1.1.3 普通硅酸盐水泥 525号, 取自浙江省第一建筑工程公司。
 - 1.1.4 主要设备 QD-100型实验压机, MW-4型木材万能力学试验机。
- ### 1.2 固定工艺条件

灰木比(水泥/刨花)为2.6, 水灰比(水/水泥)0.6, 密度 $1.2\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 尺寸规格 $300\text{ mm}\times300\text{ mm}\times9\text{ mm}$, 热压压力2.80 MPa。

1.3 制板工艺流程



收稿日期: 2001-09-24; 修回日期: 2002-01-25

基金项目: “九五”浙江省科学技术厅重点资助项目(962102065)

作者简介: 叶良明(1942-), 男, 浙江温岭人, 教授, 从事人造板工艺及改性研究。

将称量好的刨花加入部分的硅酸钠溶液，搅拌均匀后加入水泥，再次搅拌均匀，然后加入剩余的水和添加剂搅拌均匀，用手工在型框内铺装成板坯，送入热压机热压成型。热压成型的水泥刨花板在室温下自然养护 14 d，参考 GB/T4897—1992 标准，结合板材幅面，锯取试件，进行性能测试。

1.4 试验设计

试验采用三元二次正交旋转组合设计。试验因子及变化范围：热压温度为 70~130 ℃，热压时间 6~18 min，硅酸钠为水泥质量的 5%~15%，以 x_1 ， x_2 ， x_3 分别表示热压温度、热压时间和硅酸钠的添加量。

实验采用的通用数学模型为：

$$y=b_0+\sum_{j=1}^Pb_jx_j+\sum_{i<j}b_{ij}x_ix_j+b_{jj}x_j^2。$$

对各个因子的水平进行编码，即实施线性变换，编码公式为：

$$x_j=\frac{Z_j-Z_{0j}}{\Delta_j}。$$

其中： $Z_{0j}=\frac{Z_{1j}+Z_{2j}}{2}$ 。水平因子编码见表 1。 $\Delta_j=\frac{Z_{2j}-Z_{0j}}{r}$ 。本研究中 $r=1.682$ 。

表 1 因子水平编码表
Table 1 The level of factors

因子	Z_j	编码	Δ_j	上星号比 1.682	上水平 (+1)	零水平 (0)	下水平 (-1)	下星号比 -1.682
热压温度	Z_1	x_1	18.0	130.0	118.0	100.0	82.0	70.0
热压时间	Z_2	x_2	3.6	18.0	15.6	12.0	8.4	6.0
添加剂添加量	Z_3	x_3	3.0	15.0	13.0	10.0	7.0	5.0

令 $x_j'=x_j-\frac{1}{N}\sum x_{2j}=x_j^2-0.594$ ，则有组合设计的结构矩阵表 2。试验计划如表 3。23 次试验中 1~14 次试验重复 1 次，零水平的（即 15~23）各做 1 次。

1.5 性能测试

参照刨花板国家标准 GB/T4897-1992，结合实验室制板的幅面锯割取样，测定密度（ ρ ），含水率（ $w\%$ ）、平面抗拉强度、静曲强度、弹性模量和吸水厚度膨胀率（%），结果取平均值。

2 结果和分析

试验结果如表 4。根据表 4 数据，得到的回归方程如表 5。

2.1 热压温度的影响

2.1.1 热压温度对静曲强

表 2 二次正交回归旋转组合设计结构矩阵
Table 2 Quadratic orthogonal regression rotation matrix

试验号	组 合									
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_3x_2	x_1'	x_2'	x_3'
1	1	1	1	1	1	1	1	0.406	0.406	0.406
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	0.406	0.406	0.406
9	1	1.682	0	0	0	0	0	2.234	0.594	0.594
10	1	-1.682	0	0	0	0	0	2.234	0.594	0.594
11	1	0	1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	0.594
12	1	0	-1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	0.594
13	1	0	0	1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234
14	1	0	0	-1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234
15	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
16	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
17	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
18	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
19	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
20	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
21	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
22	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
23	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594

度的影响 由回归方程可见热压温度对静曲强度的影响是显著的。经方差分析, 其显著水平为 0.05。同时也可以看出, 在研究的范围内两者呈线性关系, 即随着热压温度的提高, 静曲强度随之提高。这可能与水泥在添加剂作用下的凝结速度和刨花的可塑性有关。

表 3 试验计划表

Table 3 Experiment programme

试验号	x_1	Z_1	x_2	Z_2	x_3	Z_3
1	1	118	1	15.6	1	13
2	1	118	1	15.6	-1	7
3	1	118	1	8.4	1	13
4	1	118	-1	8.4	-1	7
5	-1	82	1	15.6	1	13
6	-1	82	1	15.6	-1	7
7	-1	82	-1	8.4	1	13
8	-1	82	-1	8.4	-1	7
9	1.682	130	0	12	0	10
10	-1.682	70	0	12	0	10
11	0	100	1.682	18	0	10
12	0	100	1.682	6	0	10
13	0	100	0	12	1.682	15
14	0	100	0	12	-1.682	5
15	0	100	0	12	0	10
16	0	100	0	12	0	10
17	0	100	0	12	0	10
18	0	100	0	12	0	10
19	0	100	0	12	0	10
20	0	100	0	12	0	10
21	0	100	0	12	0	10
22	0	100	0	12	0	10
23	0	100	0	12	0	10

表 4 水泥刨花板的物理力学性能

Table 4 Physics and mechanics properties of CPB

试验号	密度 ρ / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	含水率 w / %	静曲强度/ MPa	强性模量 ($\times 10^3$) /MPa	平面抗 拉强度/ MPa	吸水厚度 膨胀率/ %
1	1.16	16.0	5.37	1.06	0.087	4.7
2	1.21	12.0	7.02	1.24	0.105	5.1
3	1.13	16.9	7.11	1.29	0.093	5.5
4	1.09	12.6	9.30	0.97	0.071	6.2
5	1.13	19.2	5.11	2.08	0.151	4.0
6	1.11	16.9	6.79	1.10	0.087	4.0
7	1.02	18.8	5.88	0.97	0.058	4.7
8	1.02	15.5	5.44	0.89	0.046	6.6
9	1.23	13.2	7.71	1.56	0.075	6.2
10	1.06	16.9	5.27	0.76	0.089	7.5
11	1.21	17.5	8.47	1.89	0.201	4.0
12	1.01	19.6	4.79	0.82	0.055	5.5
13	1.08	17.8	3.71	0.87	0.082	6.7
14	1.13	13.5	6.28	1.10	0.102	3.5
15~23	1.23	17.9	7.25	1.40	0.130	4.5

2.1.2 温度对平面抗拉强度等的影响 从回归方程, 可以看出温度对弹性模量的影响不显著, 对平面抗拉强度、吸水厚度膨胀率和密度的影响都是显著的。经方差分析, 其显著性水平均为 0.05。温度与平面抗拉强度、吸水厚度膨胀率和密度之间呈现二次抛物线关系。在 70~98℃之间平面抗拉强度随温度升高而升高, 在 98~130℃之间随温度升高而降低。在 70~109℃之间密度随温度升高而增大, 此后则相反。在 70~100℃间吸水厚度膨胀率随温度升高而减小, 此后则随温度升高而增大。这可能与一定的温度范围内, 随温度升高, 有利于水泥与刨花之间的胶结, 而过一定的温度后水泥即使经过后期的自然养护, 其结构上可能会产生的复杂变化有关。

2.2 热压时间的影响

热压时间对水泥刨花板的弹性模量、平面抗拉强度、吸水厚度膨胀率和密度的影响是显著的(表 5)。经方差分析, 其显著性水平均在 0.05。在研究范围内随热压时间延长, 弹性模量和平面抗拉强度随之增大, 吸水厚度膨胀率随之减少, 呈现线性关系。在 6~14 min 之间, 水泥刨花板的密度随时间延长而增大, 14~18 min 之间则相反。这表明采用热压法生产水泥刨花板时, 由于添加剂的作用,

表 5 回归方程汇总表

Table 5 The regression equations

指 标	回归方程
静曲强度	$y=8\,427+0\,724\,x_1-0\,718\,x_3-0\,816\,x_3^2$
弹性模量	$y=1\,418\,393+230\,534\,x_2$
平面抗拉强度	$y=1\,759+0\,080\,x_2-0\,025\,x_1^2-0\,022\,x_3^2$
密度	$y=1\,320\,6+0\,044\,x_1+0\,080\,x_2-0\,042\,x_1^2-0\,055\,x_2^2-0\,056\,x_3^2$
吸水厚度膨胀率	$y=4\,943-0\,565\,x_2+0\,719\,x_1^2$

说明: x_1 为温度, x_2 为时间, x_3 为添加量

水泥的凝结及其与刨花之间的胶凝呈现着错综复杂的变化，因而影响到水泥自然养护后的结构和水泥、刨花两个物相之间的界面关系，进而影响板的性能。

2 3 添加剂的影响

添加剂对水泥刨花板的静曲强度、密度和平面抗拉强度的影响是显著的。经方差分析，共显著性水平均为 0.05。在研究范围内，静曲强度、密度和平面抗拉强度三者都与添加剂的添加量呈二次抛物线关系。当硅酸钠的添加量为水泥用量的 5%~10% 时，静曲强度、密度与平面抗拉强度均随添加量的增加而增大；当添加量在 10%~15% 时，反映上述 3 项性能手数值则减小。这主要与硅酸钠本身的性能有关，即硅酸钠能有效地促进水泥的快速凝结，但却会降低水泥固化后的最终强度，因此在快速促凝与最终强度之间存在一个最佳的结合点，既不能因加量不足而使水泥的快凝不充分导致强度下降，又不能因加量过多而使后期强度的下降超过了快凝而产生的有利一面。

本研究提出的快速固化水泥刨花板的制造方法已申请国家发明专利(00116538.0)。

参考文献：

[1] 涂平涛. 论水泥刨花板生产工艺技术与装备的选择[J]. 林产工业, 18997, 11 (1): 1—4.
[2] 刘义海, 陈士英. 水泥刨花板快速固化工艺的研究[J]. 林产工业, 1997, 11 (4): 3—7.
[3] 卢晓宁, 张军, 洪中立. 热压水泥刨花板工艺的研究[J]. 林产工业, 1991, 5 (3): 1—5.
[4] 陈广琪. 菱镁土水泥刨花板的研究[J]. 建筑人造板, 1992 (1): 11—13.
[5] 叶良明, 金永明, 傅深渊, 等. 水泥刨花板快速固化添加剂的选择研究——氯化钙、硅酸钠等 7 种添加剂的添加效果[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19 (1): 5—8.

Hot pressing technology of fast-curing for cement particle board

YE Liang-ming, JIANG Zhi-hong, BAO Bing-fu, YU Xue-jun, YU You-ming
(Faculty of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: How hot pressing temperature, hot pressing time and the additive level of sodium silicate acted the properties of cement particle board were made by fast-curing hot pressing, using ternary quadratic orthogonal rotation design when cement/wood was 2.6, water/cement 0.6, hot pressing pressure 2.8 MPa, the designed density $1.2\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, and the thickness 9 mm. The results showed that hot pressing temperature notably acted modulus of rupture (MOR), internal bowding (IB), thickness spread (TS), density, and the relationship was parabola, but it did not act modulus of elasticity (MOE); that hot pressing time notably acted MOE, IB, TS and density, and the relationship was linear; that the additive level of sodium silicate notably acted MOR, IB and density, and the relationship was parabola; that the optimum hot pressing technology was that temperature was 100 °C, time 12 min, the additive level of sodium silicate $100\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Key words: cement particle board; fast curing; hot pressing technology; orthogonal rotation design; *Cunninghamia lanceolata*