

研究与开发

刨花板阻燃酚醛树脂胶及其制板工艺

那斌, 周定国

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 研制了一种刨花板用阻燃酚醛树脂胶, 并对制板工艺进行了优化。经测定, 制成的刨花板的物理力学性能达到刨花板国家标准 GB/T 4897-92 中 A 类板优等品的性能指标要求; 氧指数值达到热固性树脂装饰层压板标准 GB 7911.6-87 规定的要求(>37)。

关键词: 刨花板; 阻燃; 酚醛树脂胶

中图分类号: TS653.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2002)03-0015-04

Study on Fire-retardant PF Resin for Particleboard and Panel Manufacturing Technology

NA Bin, ZHOU Ding-guo

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The experiments on fire-retardant PF (phenol formaldehyde) resin adhesive for particleboard and panel manufacturing technology were done. Results showed that the physical and mechanical properties of panel could reach the requirement of high A-class particleboard in accordance with the national standard of GB/T 4897-92, and the Oxygen Index (OI) were above 37, which reached the national standard of GB 7911.6-87 for decorative laminated sheets based on thermosetting resins.

Key words: Particleboard; Fire-retardant; Phenol formaldehyde resin adhesive

自二十世纪 70 年代以来, 刨花板工业得到了迅速的发展, 刨花板在建筑、家具、船舶及车辆内装修等方面部分代替了木材和胶合板。随着世界刨花板工业的不断发展, 刨花板的应用范围不断扩大^[1]。

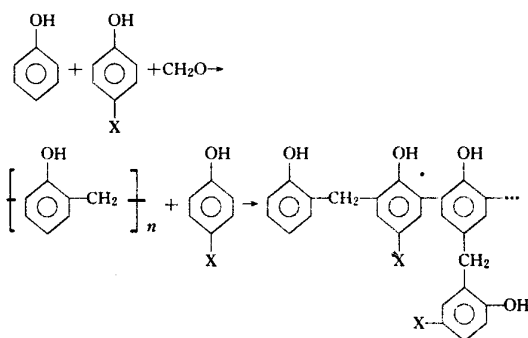
火灾, 给世界各国造成大量的人员伤亡和巨大的财产损失^[2]。木质刨花板因其易燃性, 在建筑业特别是在高层建筑上的应用受到限制。因此, 研制阻燃刨花板, 拓展刨花板的应用领域是当今一项重要的课题。为此, 笔者研制了一种刨花板用阻燃酚醛树脂胶, 以期赋予刨花板阻燃性能。

1 阻燃酚醛树脂胶的制备

1.1 制备原理及反应方程

反应型阻燃剂在反应过程中作为反应单体与树脂发生化学反应, 从而结合到树脂的主链或侧链中

去, 使树脂本身带有阻燃成分^[3,4]。本研究采用有机卤系阻燃剂, 它与树脂的反应方程如下:



1.2 制备工艺

原料 为苯酚、氢氧化钠、水、甲醛和阻燃剂。其中, 阻燃剂加量按相对于苯酚的用量计, 苯酚和氢氧化钠分两次加入^[5]。

工艺流程 先将苯酚加入反应釜, 控制在 40 ℃ 左右; 加入水、甲醛和氢氧化钠; 升温至 70 ℃ 时保温

收稿时间: 2001-12-30

作者简介: 那斌(1971-), 男, 南京林业大学木材工业学院讲师, 博士研究生。

30 min;再加入氢氧化钠并保温 30 min;第二次加入苯酚和阻燃剂并升温至 90℃;测定粘度达 60~70 mPa·s/20℃时,冷却至 40℃放料。

2 阻燃剂的选择

2.1 阻燃剂的初步筛选

选择两种反应型阻燃剂 L₁、L₂ 制成阻燃酚醛树脂胶,通过浸渍意杨单板,然后测其氧指数确定其阻燃效果,进行阻燃剂选择。具体方法:

将烘至绝干的意杨单板(尺寸为 6.5 mm×70~140 mm)在 20℃下,置于定量的阻燃酚醛树脂胶中浸渍。浸渍温度为 25℃,胶液粘度约为 230 mPa·s/25℃,固体含量约 48%。浸渍时间 10 min,然后烘至绝干,浸渍树脂后单板的增重率(干/干)约为 20%。氧指数的测定结果见表 1。

表 1 氧指数测试结果
Tab. 1 Oxygen index for Poplar veneer soaked by fire-retardant PF resin

阻燃剂	阻燃剂加量/%	氧指数/%
L ₁	1	47
L ₁	2	48
L ₁	3	49
L ₁	4	52
L ₁	6	48
L ₁	8	43
L ₁	10	37
L ₂	1	49
L ₂	2	47
L ₂	3	46
L ₂	4	48
L ₂	6	43
L ₂	8	40
L ₂	10	36

从表 1 可以看出,加有阻燃剂 L₁ 的树脂胶阻燃效果优于 L₂,在阻燃剂加量为 4%时氧指数值最高。

2.2 阻燃剂的确定

将两种阻燃剂 L₁、L₂ 以不同加入量配制阻燃 PF 树脂胶,压制刨花板,测定刨花板的静曲强度、内结合强度、吸水厚度膨胀率、密度、含水率和氧指数,分析阻燃剂对刨花板物理力学性能的影响,试件的截取和性能测试按 GB/T 4896-92 进行。通过测定结果的比较,最终确定阻燃剂类型。

制板工艺流程为:

熔融石蜡、阻燃 PF 胶



刨花干燥及筛选→施胶→铺装→热压→堆放→裁边→砂光^[6]

刨花取自滁州刨花板厂,在恒温干燥箱内干燥至终含水率为 2%~3%,再用 6 目筛网筛去细碎刨花。刨花最终形态:长 10~45 mm;宽 2~10mm;厚 0.3~1 mm。

试验板预定密度为 0.70 g/cm³,尺寸为 300 mm×300 mm×10 mm;施胶量为 10%。手工铺装,热压设备为 100 t 实验用电热压机,厚度规控制厚度,热压曲线为三段式,单位压力 3.5 MPa,热压温度 160℃,热压时间 8 min。试验板性能测试结果见表 2(为两次试验的平均值)。

表 2 用不同阻燃剂时刨花板的性能对比
Tab. 2 Comparison of particle board properties with different fire-retardants

阻燃胶代号	阻燃剂加量/%	ρ g/cm ³	MC %	MOR MPa	MOE MPa	TS %	OI %
L ₁	1	0.711	7.49	20.54	0.597	9.83	38.5
	4	0.698	6.53	18.43	0.552	11.15	43
	10	0.789	6.49	29.14	0.908	5.11	38
L ₂	1	0.653	6.88	17.60	0.594	13.10	38
	6	0.638	7.01	16.52	0.546	12.15	36
	12	0.724	5.81	23.51	0.696	7.21	34

由表 2 可知,加有阻燃剂 L₁ 的 PF 树脂胶压制的刨花板在物理力学性能和阻燃性能上均优于阻燃剂 L₂,因此确定采用阻燃剂 L₁ 进行进一步的研究。

2.3 阻燃酚醛树脂胶的性能

将加量为 4%的阻燃剂 L₁ 作为反应单体制得阻燃 PF 树脂胶,按 GB/T 14074.5-93 进行检测,其测定结果如下:

固体含量/%	48.42
粘度/(mPa·s/25℃)	230
碱量/%	6.27
游离苯酚/%	0.73
可被溴化物/%	8.68
游离甲醛/%	0.05
凝胶时间/min	8.44
pH 值	10.0

3 制板工艺及优化

3.1 试验设计

二次正交旋转组合设计在人造板的工艺研究中被证明为一种切实可行的数学模型,故本实验采用这一模型安排试验并进行试验数据处理^[7、8]。

影响刨花板性能的因素很多,在其他工艺条件确定的情况下,选择施胶量、阻燃剂加量、热压温度、热压时间等 4 个对产品性能影响显著的因素进行分析,因素水平见表 3。

表 3 因素水平
Tab. 3 Factors and levels

因子	施胶量 %	阻燃剂加量 %	热压温度 ℃	热压时间 min
编码	X_1	X_2	X_3	X_4
变化间距(Δj)	2	1.5	10	2
上星号臂(+2)	14	7	190	13
上水平(+1)	12	5.5	180	11
零水平(0)	10	4	170	9
下水平(-1)	8	2.5	160	7
下星号臂(-2)	6	1	150	5

每个试验重复一次,测试结果取两次试验的平均值。其他试验条件同 2.2。

3.2 试验结果与分析

3.2.1 试验板性能测试 测试结果见表 4,各测试项目与因子之间的回归方程(见表 5),并对方程的失拟情况、回归方程的显著性和回归系数的显著性进行检验。结果表明,所采用的数学模型是恰当的,回归方程与实际情况拟合良好,可以用来预报产品性能。

表 4 试验板各项性能的测试结果

Tab. 4 Properties of fire-retardant particleboard

编号	MOR MPa	MOE MPa	IB MPa	MC %	ρ g/cm ³	TS %	OI %
1	29.12	3980	0.630	5.92	0.652	5.75	39.4
2	26.45	3772	0.568	6.43	0.658	4.57	42.7
3	28.72	3979	0.732	6.26	0.670	5.69	39.5
4	29.97	4050	0.993	7.43	0.702	4.33	42.2
5	33.36	4397	0.728	5.94	0.656	5.13	39.7
6	31.04	4135	0.823	6.35	0.658	4.35	43.1
7	37.41	5260	0.713	5.91	0.653	5.16	39.6
8	29.10	3950	0.747	6.08	0.688	4.34	42.4
9	27.01	3816	0.751	4.76	0.674	5.59	39.5
10	18.30	2988	0.925	5.00	0.701	4.46	42.7
11	26.51	3796	0.791	4.91	0.656	5.47	39.7
12	29.84	4018	0.837	5.18	0.704	4.64	42.4
13	22.66	3435	0.777	4.49	0.670	5.58	39.6
14	27.49	3878	0.929	4.74	0.678	4.20	43.3
15	23.54	3635	0.779	4.83	0.685	5.35	40.1
16	33.55	4518	0.772	4.59	0.692	4.16	42.3
17	27.42	3875	0.605	4.21	0.645	7.58	38.4
18	31.38	4124	0.821	5.92	0.682	4.11	44.0
19	37.30	5013	0.797	4.97	0.682	4.35	41.0
20	25.73	3807	0.697	5.40	0.648	4.65	40.8
21	31.46	4142	0.675	5.51	0.673	4.81	41.8
22	25.76	3763	0.610	5.35	0.676	4.88	41.2
23	19.90	2946	0.529	6.17	0.658	5.14	41.9
24	26.08	3782	0.630	5.05	0.633	4.99	40.5
25	24.88	3698	0.684	5.66	0.643	4.80	41.0
26	24.86	3652	0.698	5.90	0.702	5.01	40.9
27	25.01	3725	0.685	5.75	0.669	5.04	41.4
28	25.23	3750	0.734	5.80	0.690	4.85	41.3
29	25.79	3782	0.696	5.79	0.692	4.89	41.5
30	24.56	3694	0.682	5.86	0.679	5.15	41.2
31	25.78	3785	0.680	5.34	0.634	4.67	41.0
31	25.47	3768	0.688	5.78	0.659	4.93	41.8
33	26.64	3788	0.728	5.19	0.672	4.83	41.7
34	25.42	3786	0.704	5.12	0.662	4.95	41.3
35	26.14	3793	0.714	5.26	0.679	4.89	40.8
36	23.94	3629	0.694	5.87	0.647	4.78	41.5

表 5 回归方程一览表
Tab. 5 Regresion equations

指标项目	回归方程
MOR	$Y_1 = 27.30 + 1.174X_1 + 0.015X_2 + 0.689X_3 + 0.35X_4 + 0.32X_1X_2 + 0.23X_1X_3 - 0.646X_1X_4 - 0.11X_2X_3 + 0.27X_2X_4 - 1.017X_3X_4 - 0.376X_1^2 - 0.59X_2^2 - 1.329X_3^2 - 1.658X_4^2$
MOE	$Y_2 = 3913.40 + 136.65X_1 + 1.75X_2 + 80.2X_3 + 40.74X_4 + 37.25X_1X_2 + 26.77X_1X_3 - 75.2X_1X_4 - 12.8X_2X_3 + 31.43X_2X_4 - 118.4X_3X_4 - 43.77X_1^2 - 68.68X_2^2 - 154.7X_3^2 - 193X_4^2$
IB	$Y_3 = 0.739 + 0.1166X_1 + 0.0018X_2 + 0.0469X_3 + 0.032X_4 - 0.0096X_1X_2 + 0.0034X_1X_3 - 0.0623X_1X_4 - 0.021X_2X_3 - 0.014X_2X_4 - 0.0381X_3X_4 - 0.0417X_1^2 - 0.0432X_2^2 - 0.0736X_3^2 - 0.041X_4^2$
TS	$Y_4 = 4.806 - 0.35X_1 + 0.065X_2 - 0.08X_3 - 0.198X_4 + 0.052X_1X_2 - 0.026X_1X_3 + 0.0092X_1X_4 - 0.018X_2X_3 + 0.0063X_2X_4 + 0.284X_3X_4 - 0.038X_1^2 + 0.109X_2^2 + 0.129X_3^2 + 0.085X_4^2$
OI	$Y_5 = 41.2 + 0.40X_1 + 0.53X_2 + 0.31X_3 + 0.30X_4 - 0.575X_1X_2 - 0.094X_1X_3 - 0.106X_1X_4 + 0.087X_2X_3 - 0.22X_2X_4 + 0.315X_3X_4 - 0.24X_1^2 - 0.67X_2^2 + 0.28X_3^2 + 0.273X_4^2$

3.2.2 结果分析与讨论

(1)增加施胶量可使刨花板的所有性能得到改善。但在较高热压温度和较长热压时间下,施胶量对刨花板力学性能的影响不明显。

(2)阻燃剂加量对刨花板阻燃性能的影响非常显著,对刨花板的物理力学性能影响不大。阻燃剂加量在 4%左右时,刨花板的物理力学性能和阻燃性能均达到最佳。

(3)在一定范围内,提高热压温度、延长热压时间均能改善刨花板的物理力学性能,但过高的热压温度和过长的热压时间会使刨花板的物理力学性能下降。

(4)施胶量与热压时间的交互作用和热压温度与热压时间的交互作用均显著影响刨花板的物理力学性能。

3.3 工艺优化

采用约束优化中广泛采用的复合形法,其迭代过程简单,尤其适合维数和约束条件较少的场合^[9]。从经济角度考虑以及参考热压对板材外观质量的影响,将约束条件定为: $-2 < X_1 < 1$; $-2 < X_2 < 1$; $-2 < X_3 < 1$; $-2 < X_4 < 2$ 。

将约束条件等输入计算机进行寻优,得出的结果见表 6。

表 6 工艺优化结果
Tab. 6 Optimal technology

因子	施胶量 %	阻燃剂加量 %	热压温度 ℃	热压时间 min
优化结果	$X_1 = 0$	$X_2 = 0$	$X_3 = 0.2$	$X_4 = 0.1$
编码回代对应值	10	4	172	9

4 结论

1)通过采用阻燃树脂胶制造阻燃刨花板的工艺路线是可行的。

2)阻燃型刨花板的物理力学性能达到刨花板 GB/T 4897-92 中 A 类板优等品的性能指标,氧指数达到热固性树脂装饰层压板 GB 7911.6-87 的要求。

3)更优良、更适宜的阻燃 PF 树脂胶配方及更完善的刨花板制造工艺有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 邓玉和等.刨花板阻燃性研究[J].建筑人造板,1995,(1):9~12,15.

- [2] 罗文圣.刨花板的阻燃处理[J].建筑人造板,1990,(1):10~17.
 [3] 薛恩钰,等.阻燃科学及应用[M].北京:国防工业出版社,1988.
 [4] 王元宏.阻燃剂化学及其应用[M].上海:上海科学技术文献出版社,1988.
 [5] 东北林学院主编.胶粘剂与涂料[M].北京:中国林业出版社,1984.
 [6] H. A. 米勒.刨花板制造[M].商齐,等译.北京:轻工业出版社,1984.
 [7] 菲诗松,等.回归分析及其实验设计[M].上海:华东师范大学出版社,1981.
 [8] 南京林业大学主编.工程数学[M].北京:中国林业出版社.
 [9] 朱伟勇,等.最优设计理论与应用[M].沈阳:辽宁人民出版社,1981.

(上接第 11 页)

一点,本实验对 MDF 试件作了测试比较,试验设置为:(1)在 $t=0$ 时刻施加 250 N 的载荷,持续 4 h;(2)在 $t=4$ h 时刻再施加 240 N 的载荷,也持续 4 h。MDF 试件在阶梯载荷下的实验曲线和变参流变模型应用 Boltzmann 叠加原理的预测曲线如图 6 所示,其

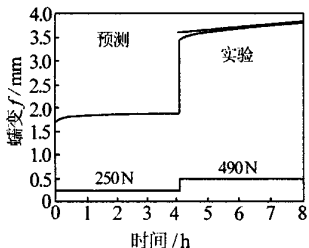


图 6 MDF 试件在阶梯载荷下的蠕变曲线

Fig. 6 Creep curve of MDF sample under ladder load

实验值与理论值非常接近。

5 结论

可以采用变流变参数的 Maxwell 模型来研究 MDF 的流变性质。由于变参数 Maxwell 模型能以较少的弹、粘单元组合模型代替常参数弹、粘多单元的组模型,从而使流变参数便于求解,既方便了计算,也避免了流变参数的离散性问题。

参考文献:

- [1] 周光泉,刘孝敏.粘弹性理论[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1996.
 [2] 周祝林,等.关于复合材料弯曲蠕变试验方法的研究[J].纤维复合材料,1999,16(2):14~19.
 [3] 王逢瑚.木质材料流变学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1997.

邮购图书、资料简介

- ◆ 《人造板生产质量管理与检验》南京林业大学陆肖宝教授主编。系统介绍了人造板生产的工艺及工序控制点;标准与标准化;抽样检验;质量管理及质量保证体系;有关的人造板国家标准及质量控制的常用方法。16开 207 页,邮购价:25 元
- ◆ 《制材生产技术》南京林业大学孙友富博士主编。系统阐述了制材理论,生产工艺过程,设备使用与维修,车间流水线设计等技术问题,及木材运输与保护,锯材深加工,制材剩余物利用,锯条修整,相关国家标准及检验等。16开 272 页,邮购价:30 元
- ◆ 《胶合板生产技术》南京林业大学朱典想教授主编。系统介绍了胶合板制造理论,生产工艺、设备使用及维修,及特种胶合板的生产。16开 286 页,邮购价:33 元
- ◆ 《纤维板生产技术》南京林业大学王国超教授主编,16开 246 页,邮购价:37 元
- ◆ 《世界商品木材拉丁英文名称》2000 年在原书基础上增补内容后再版,是木材贸易、进口材使用者必备工具书。32开 394 页,精装,邮购价:60 元
- ◆ 《东南亚热带木材》第 5 次印刷,精装,邮购价:210 元
- ◆ 《非洲热带木材》第 5 次印刷,精装,邮购价:210 元
- ◆ 《拉丁美洲热带木材》第 5 次印刷,精装,邮购价:210 元

《木材工业》编辑部 电话:(010)62889419