

臭冷杉刨花模压平面托盘的工艺和性能研究

牛笑一¹, 吴俊华¹, 王艳国², 郭前刚³

(1. 吉林省木质材料科学与工程重点实验室, 吉林 132013; 2. 中石油吉林石化炼油厂, 吉林 132022; 3. 东南大学, 南京 211189)

摘要:以脲醛树脂胶黏剂处理臭冷杉刨花并压制成平面托盘,对平面托盘的厚度膨胀率、支撑脚内结合强度及板面静曲强度进行了研究。经过实验分析得出托盘最佳生产工艺参数为:施胶量 20%,热压温度 150 ℃,热压时间 30 min;对应的托盘性能为:吸水厚度膨胀率(2 h)为 7.34%,支撑脚内结合强度为 0.31 MPa,板面静曲强度为 24.12 MPa。

关键词:臭冷杉;刨花;模压托盘

中图分类号: TB484.2; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)11-0051-04

Technology and Performance of Abies Nephrolepis Wood Shavings Molded Tray

NIU Xiao-yi¹, WU Jun-hua¹, WANG Yan-guo², GUO Qian-gang³

(1. Wood Material Science and Engineering Key Laboratory of Jilin Province, Jilin 132013, China; 2. Jilin Petrochemical Company Refinery of PetroChina, Jilin 132022, China; 3. Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: Smelly fir wood shavings was processed by urea-formaldehyde (UF) resin adhesive and used to make flat tray. The expansion rate in thickness, foot internal bond strength, and surface static bending strength were studied. Experimental result showed that the best process parameters are sizing amount 20%, hot-pressing temperature 150 ℃, hot pressing time 30 min; the corresponding performance are the absorbing water thickness expansion rate (2 h) 7.34%, foot bonding strength 0.31 MPa, surface static bending strength 24.12 MPa.

Key words: abies nephrolepis; wood shavings; molded tray

托盘是重要的物流器具,是使静态货物转变为动态货物的载体,在现代物流系统中起着不可替代的作用^[1]。模压托盘是在高温、高压下压制而成,因此可以抵抗昆虫和腐朽菌的侵蚀,不需经其它任何处理即可达到《国际贸易中木质包装材料管理准则》(ISPM15)中对出口包装材料的检疫要求^[2]。刨花模压托盘可充分利用速生林资源、林木枝桠材、加工边角料等,其原料来源广阔,价格低廉,托盘符合环保要求且自重轻、强度高^[3]。

作者以针叶材刨花为原料压制托盘,检测其吸水厚度膨胀率、支撑脚内结合强度、板面静曲强度,对检测结果进行分析总结,提出最佳的工艺参数及其性能值。

1 材料与方法

化学试剂:甲醛、尿素、聚乙烯醇、三聚氰胺、甲酸、氢氧化钠。

仪器设备:水浴锅、搅拌机、三口烧瓶、酸度计、涂-4杯、分析天平。

脲胶的制备采用甲醛、尿素,其质量比为 1.2 : 1,甲醛一次加入,尿素分 3 次加入,按“碱-酸-碱”工艺反应。

胶的黏度、固体含量、游离醛含量均按照 GB/T 14074—2006 方法测定。检测结果为:黏度 18 s,固体含量 54%,游离醛含量 0.32% (均为质量分数)。

收稿日期: 2013-01-18

基金项目: 吉林省科技厅项目(20120256)

作者简介: 牛笑一(1973-),男,吉林市人,硕士,北华大学副教授,主要从事包装工程方面的教学和研究。

2 平面托盘的压制

2.1 实验材料与仪器

实验材料:脲醛树脂胶、白松刨花、甲酸、氯化铵。
实验仪器:搅拌机、热压机(四柱式平板硫化机 SLB-1000KN)。

2.2 正交试验设计

根据查阅资料和探索性试验,确定施胶量(质量分数):10%,15%和20%,热压温度:140,150,160℃,热压时间:20,30,40 min,为三因素三水平进行正交试验($A_1B_1C_1, A_1B_2C_1, A_1B_1C_2 \cdots A_3B_3C_3$)。选择 $L_9(3^4)$ 正交表,确定正交试验顺序。

2.3 托盘的工艺流程

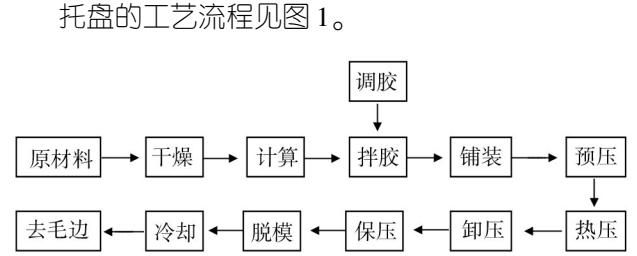


图 1 工艺流程
Fig. 1 Process flowchart

3 托盘力学性能测试

3.1 试验方法

压制托盘的规格均为 400 mm×400 mm,9 个支撑脚,板面的平均密度为 0.96 g/cm³,支撑脚的平均密度为 0.5 g/cm³。沿托盘的支撑脚、板面分别锯切进行测试,测试内容包括吸水厚度膨胀率、支撑脚内结合强度、板面静曲强度。吸水厚度膨胀率为 20℃水浴锅自由膨胀 2 h,内结合强度、静曲强度均在力学万能试验机上完成。

3.2 结果与分析

3.2.1 吸水厚度膨胀率

吸水厚度膨胀率直观分析见表 1,误差分析见表 2,效应曲线图见图 2。

由吸水厚度膨胀率方差分析表 2 可知,影响因素由主到次为:施胶量(A)、热压时间(B)、热压温度(C),最优方案为: $A_3B_3C_3$,即施胶量为 20%、热压温度为 160℃,热压时间 40 min。

表 1 吸水厚度膨胀率直观分析
Tab. 1 Visual analysis of water absorbing thickness expansion rate

试验	因素			吸水厚度膨胀率/%
	施胶量 /%	热压温度 /℃	热压时间 /min	
1	10	140	20	9.87
2	10	150	30	9.35
3	10	160	40	8.86
4	15	140	30	9.55
5	15	150	40	8.81
6	15	160	20	9.28
7	20	140	40	7.23
8	20	150	20	8.32
9	20	160	30	7.01
$\bar{K}_{1j}$	9.36	8.88	9.23	
$\bar{K}_{2j}$	9.21	8.90	8.64	
$\bar{K}_{3j}$	7.59	8.38	8.30	
R_j	1.78	0.52	0.93	

表 2 吸水厚度膨胀率方差分析
Tab. 2 Analysis of variance for adsorption expansion in thickness

因素	偏差平方和 S	自由度 f	F 比	F 临界值	显著性
施胶量	5.78	2	18.49	9	* *
热压温度	0.52	2	1.66	9	
热压时间	1.33	2	4.26	9	
空白	1.79	2			

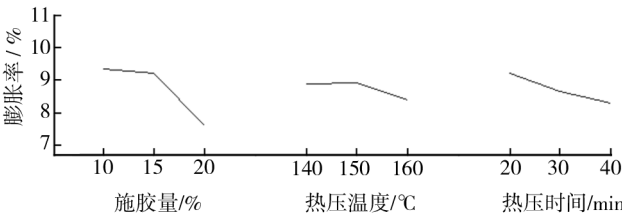


图 2 吸水膨胀率因素效应曲线
Fig. 2 Curves for adsorption expansion factor and effect

由表 3 可知,施胶量为显著因素,热压温度、热压时间为不显著因素,不显著因素原则上可以选在试验范围内的任意一点,但根据 GB/T 17657-1999,20℃浸泡 2 h,吸水膨胀率 $D \leq 8\%$,且热压时间关系实际生产效率,所以时间定为 30 min,热压温度定为 160℃。因此,最优工艺参数为 $A_3B_3C_2$,即施胶量为

20%、热压温度为 160 ℃、热压时间为 30 min,此时吸水膨胀率为 7.01%。

3.2.2 支撑脚内结合强度

支撑脚内结合强度直观分析见表 3,误差分析见表 4,效应曲线图见图 3。

表 3 内结合强度直观分析

Tab.3 Intuitive analysis of internal bonding strength

试验	因素			内结合强度/MPa
	施胶量 /%	热压温度 / ℃	热压时间 / min	
1	10	140	20	0.12
2	10	150	30	0.14
3	10	160	40	0.17
4	15	140	30	0.22
5	15	150	40	0.24
6	15	160	20	0.19
7	20	140	40	0.30
8	20	150	20	0.27
9	20	160	30	0.33
$\bar{K}_{1j}$	0.14	0.21	0.19	
$\bar{K}_{2j}$	0.22	0.22	0.23	
$\bar{K}_{3j}$	0.30	0.23	0.24	
R_j	0.16	0.02	0.05	

表 4 内结合强度方差分析

Tab.4 Analysis of variance for internal bonding strength

因素	偏差平方和 S	自由度 f	F 比	F 临界值	显著性
施胶量	0.0369	2	61.5	9	* *
热压温度	0.0005	2	0.83	9	
热压时间	0.0033	2	5.5	9	
空白	0.0006	2			

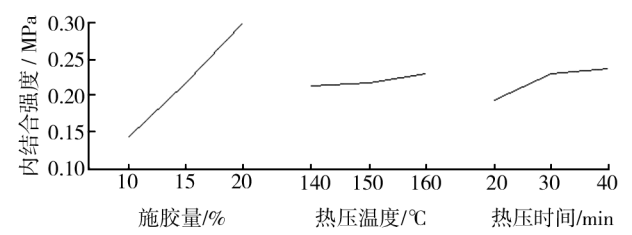


图 3 内结合强度因素效应曲线

Fig. 3 Curves of internal bonding strength factor and effect

由表 3 可知,影响因素由主到次为:施胶量、热压时间、热压温度。最优方案为: A₃B₃C₃, 即施胶量为 20%,热压温度为 160 ℃,热压时间为 40 min。由表 4

可知,施胶量为显著因素,热压温度、热压时间为不显著因素。所以施胶量定为 20%。热压时间为不显著因素且时间越长会影响实际生产效率,所以时间定为 20 min。根据 GB/T 4897.1—2003,在潮湿状态下使用的结构用板要求,板厚 $d \geq 40$ mm,内结合强度 $Z \geq 0.25$ MPa,所以热压温度定为 150 ℃。最优工艺参数为 A₃B₂C₁,即施胶量为 20%,热压温度为 150 ℃、热压时间为 20 min。

3.2.3 板面静曲强度

板面静曲强度直观分析见表 5,误差分析见表 6,效应曲线图见图 4。

表 5 静曲强度直观分析表

Tab.5 Intuitive analysis for static bending strength

试验	因素			静曲强度 / MPa
	施胶量 /%	热压温度 / ℃	热压时间 / min	
1	10	140	20	15.10
2	10	150	30	18.14
3	10	160	40	16.04
4	15	140	30	18.42
5	15	150	40	19.86
6	15	160	20	17.82
7	20	140	40	20.18
8	20	150	20	22.46
9	20	160	30	21.31
$\bar{K}_{1j}$	16.43	17.90	18.46	
$\bar{K}_{2j}$	18.70	20.15	19.29	
$\bar{K}_{3j}$	21.32	18.39	18.69	
R_j	4.89	2.25	0.83	

。

表 6 静曲强度方差分析

Tab.6 Analysis of variance for static bending strength

因素	偏差平方和 S	自由度 f	F 比	F 临界值	显著性
施胶量	35.93	2	309.72	9	* *
热压温度	8.43	2	72.65	9	* *
热压时间	1.10	2	9.47	9	* *
空白	0.12	2			

由表 5 可知,静曲强度影响因素由主到次为:施胶量、热压温度、热压时间。静曲强度最优方案为: A₃B₂C₂,即施胶量为 20%,热压温度为 150 ℃,热压时间为 30 min

由表 6 可知,施胶量、热压时间、热压温度均为显

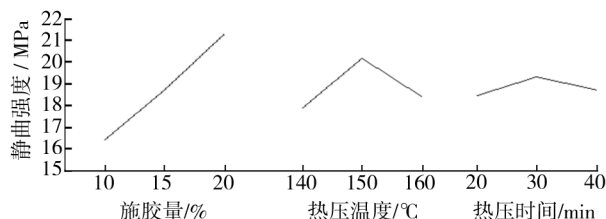


图4 静曲强度因素效应曲线
Fig.4 Static bending strength factors effect curves

著因素。效应曲线图可以得出,施胶量越大,静曲强度增大;热压温度为150℃、热压时间在30min时,静曲强度取最大值。热压温度越高、热压时间越长,托盘板面发脆,其静曲强度减小,上述结果与分析相同。

补充验证实验:压制一块工艺参数为 $A_3B_2C_2$ 即施胶量为20%、热压温度为150℃、热压时间为30min的托盘,重复以上性能测试方法,其实验结果见表7。

表7 验证实验结果

Tab.7 Results of verification experiment

性能	静曲强度 /MPa	吸水膨胀率 /%	内结合强度 /MPa
结果	24.12	7.34	0.31

根据GB/T 4897.1—2003,在潮湿状态下使用的结构用板要求,板面厚度在13~16mm,静曲强度≥16MPa,由于此时的静曲强度为24.12MPa,因此达到国家标准。

4 结论

由于托盘在装卸、运输过程中主要承受压力,所以主要应考虑静曲强度。对静曲强度而言,当施胶量为20%、热压温度为150℃和热压时间为30min时,其值达到最大值。由表7可知,当以工艺参数为 $A_3B_2C_2$ 压制托盘时,其吸水厚度膨胀率、内结合强度、静曲强度都达到国家标准。

综上所述,压制托盘的最佳工艺参数为 $A_3B_2C_2$,即施胶量为20%、热压温度为150℃、热压时间为30min。对应的力学性能值为:吸水膨胀率7.34%、内结合强度0.31MPa、静曲强度24.12MPa

参考文献:

[1] 田少娟,陈梦颖,李大纲,等. 杨木刨花模压平面工业托盘的市场化分析[J]. 包装工程,2008,29(9):201-203.
TIAN Shao-juan, CHEN Meng-ying, LI Da-gang, et al. Marketing Analysis of Presswood Pallet Made of Poplar Paring [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 201-203.

[2] 田少娟,李大纲,李玲,等. 杨木刨花模压平面托盘的主要材性分析[J]. 包装工程,2008,29(1):63-65.
TIAN Shao-juan, LI Da-gang, LI Ling, et al. Study of the Performance of Molded Pallet by Poplar Paring[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 63-65.

[3] 李大纲. 杨木刨花模压平面工业托盘的研究[J]. 湖南工业大学学报,2007,21(5):6-8.
LI Da-gang. Study of the Plat-Presswood Pallet by Poplar Particles[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2007, 21(5): 6-8.

[4] 刘锋枫,陆佳平. 均布载荷下木质托盘抗弯力学性能研究[J]. 包装工程,2008,29(3):3-35
LIU Feng-feng, LU Jia-ping. Study of Bending Mechanical Performance of Wooden Pallets under Uniformly Distributed Load[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 3-35.

[5] 田少娟. 杨木刨花模压托盘疲劳振动性能的研究[J]. 包装工程,2008,29(11):22-24.
TIAN Shao-juan. Study of Vibratory Fatigue Properties of Presswood Pallet by Poplar Particle [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(11): 22-24.

[6] 李玲,李大纲,徐平,等. 竹木复合材料托盘力学性能的研究[J]. 包装工程,2005,26(3):19-21.
LI Ling, LI Da-gang, XU Ping, et al. Study of Mechanical Properties of Wood-Bamboo Composite Pallets[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 19-21.

[7] LOAFERS J R, McLAIN T E. Development of Reliability-based Design Procedure for Wood Pallets[J]. Forest Products Journal, 2008:137. (余不详)

[8] WALLIN W B, STERN E G, JOHNSON J A. Determination of Flexural Behavior of Stringer-type Pallets and Skids[J]. WoodRes and Wood Constr Bull, 2005:176. (余不详)