

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2020181

不同胶黏剂制备刨花模压托盘的性能

刘震涛^{1,2,3}, 刘乐群^{1,2,3}, 杨飞^{2,3}, 滑亚婷^{2,3}, 赵莹¹, 吴侨立⁴

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江杭州 310023; 2. 沛诺新材料研究院, 浙江杭州 310023;

3. 杭州沛诺包装科技有限公司, 浙江杭州 311115; 4. 杭州国立工贸集团有限公司, 浙江杭州 310023)



摘要: 采用3种胶黏剂以不同施胶量制备刨花模压托盘, 性能测试结果表明: MDI胶制备刨花模压托盘的综合性能最好, 几乎无甲醛检出, 为无醛添加级别; 其次是酚醛树脂胶制备的刨花模压托盘, 脲醛树脂胶制备的刨花模压托盘的综合性能相对较差。MDI胶制备的托盘性能优良, 在医药、电子、食品等行业或潮湿环境的货物运输及仓储中具有竞争优势, 而脲醛树脂胶和酚醛树脂胶制备的托盘多用于一般货物运输以及化工、能源等行业。

关键词: 刨花模压托盘; 胶黏剂; 施胶量; 理化性能

中图分类号: TB484.2; TS653; S784

文献标识码: A

文章编号: 2096-9694 (2021) 06-0067-04

Performance of Molded Wood-Particle Pallets with Different Adhesives

LIU Zhen-tao^{1,2,3}, LIU Le-qun^{1,2,3}, YANG Fei^{2,3}, HUA Ya-ting^{2,3}, ZHAO Ying¹, WU Qiao-li⁴

(1. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. Penno New Materials Institute, Hangzhou 310023,

Zhejiang, China; 3. Hangzhou Penno Packtech Co. Ltd, Hangzhou 311115, Zhejiang, China;

4. Hangzhou Guoli Industrial and Trading Group Co. Ltd, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: Three types of adhesives were used to develop molded wood-particle pallets with different resin contents. The performance test showed that the integrated property of MDI molded wood-particle pallets was the best, and the formaldehyde emission of the pallets was almost undetectable, therefore it was formaldehyde-free level. The molded wood-particle pallets made with phenolic resin performed secondly. The overall performance of molded wood-particle pallets made with urea-formaldehyde resin was relatively poor. The MDI molded wood-particle pallets have a competitive advantage in the transportation and storage of goods in industries such as medicine, electronics, food, etc. and/or in humid environments. The molded wood-particle pallets made with phenolic resin glue and urea-formaldehyde resin glue are mostly used in general cargo transportation, chemical, energy and other industries.

Key words: molded wood-particle pallets; adhesive; resin content; physical and chemical properties

收稿日期: 2020-12-20; 修改日期: 2021-01-11

基金项目: 浙江省省院合作重点专项“农林废弃物刨花模压托盘制备关键技术研究”(2017SY07); 杭州市主动设计重大专项“农林剩余物模压制备刨花成型托盘关键技术与产业化”(20172016A10); 国家标准项目“竹木刨花模压成型托盘通用技术条件”(20180966-T-432)。

作者简介: 刘震涛 (1994—), 男, 助理工程师。Email: liuzhentao_4113@163.com

通讯作者: 刘乐群, 男, 教授级高级工程师。Email: llq234@sina.com

随着国内外贸易快速发展, 货物运输交流日益频繁, 市场对物流托盘的需求量急剧增加。目前使用较多的物流托盘主要有木质托盘、塑料托盘和钢托盘, 其中木质托盘的应用比较广泛^[1]。据统计, 全球每年制造约5亿多张新托盘, 并且保持一个较大的市场保有量, 美国托盘保有量约26亿张, 欧盟托盘保有量约2.8亿张, 我国托盘保有量

约 14.5 亿张，其中木质托盘占据全球库存和应用的 90% 以上，而我国木质托盘的占比约为 86%^[2-5]。

近年来，随着进口木材价格上涨以及我国木材资源短缺，实木托盘的成本不断升高；另外，在进行国际贸易时，还需对实木托盘进行熏蒸和消毒等处理，成本增加^[6]。为解决上述问题，美国、德国已相继开发出刨花模压托盘。刨花模压托盘利用生物质材料（如竹材、高粱、小径木、秸秆等）^[7-11]以及回收木材废料制成的刨花为原料，经过施胶，在一定的温度与压力作用下模压一次成型。刨花模压托盘极大地提高了材料的利用率，且具备质轻、重叠性好、无金属件、免检疫等优点^[12]，将成为替代实木托盘的主流物流载具。

由于托盘应用领域广泛，不同领域和运输方式对托盘的性能有不同需求，如防潮、防水、低甲醛释放、高力学性能等。本试验选择脲醛树脂、酚醛树脂和二苯甲烷二异氰酸酯（MDI）^[13-16]3 种胶黏剂制备刨花模压托盘，并测试不同托盘的性能，为托盘制造和应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

刨花：来源于浙江某公司，由回收的废弃实木、托盘和胶合板加工而成，通过 18 mm 孔径筛网筛分，含水率≤23%。

胶黏剂：脲醛树脂、酚醛树脂和 MDI，均外购。胶黏剂的基本性能指标见表 1。

表 1 3 种胶黏剂的基本性能指标
Tab.1 Performance indicators of three types of adhesives

指标类型	脲醛树脂胶	酚醛树脂胶	MDI 胶
固体含量/%	54.8	42.5~44.5	—
黏度/mPa·s	50	60~120	150~250
固化时间/s	114	1 000~1 500	—
适用期/min	>120	>120	>120
贮存稳定性/h	>6	>6	>6
pH 值	7.8	12~14	—
游离甲醛释放量/%	0.12	0.08	—

1.2 试验设备

干燥机、托盘热压机、托盘抗压试验机、万能力学试验机、恒温恒湿箱、电热鼓风干燥箱等。

1.3 试验方法

在前期研究的基础上^[17]，采用 3 种胶黏剂制备

刨花模压托盘，具体制备参数见表 2。

表 2 3 种胶黏剂制备刨花模压托盘的参数
Tab.2 Preparation parameters of molded wood-particle pallets with three types of adhesives

胶黏剂种类	试验号	施胶量/%	热压温度/℃	热压时间/min
脲醛树脂胶	1	15	150	8
	2	18		
	3	21		
酚醛树脂胶	4	12	200	10
	5	16		
	6	20		
MDI 胶	7	4	140	8
	8	6		
	9	8		

首先将刨花烘干至含水率 4.5% 以下，导入到拌胶系统中施胶并搅拌均匀后，将刨花铺装在规格尺寸为 100 cm×100 cm×87 cm 的模具中（图 1）。按照表 2 设定的温度和时间进行热压，热压压力 15 MPa。热压完毕后取出，放置 24 h 后备用。每个条件制备 4 张样品。

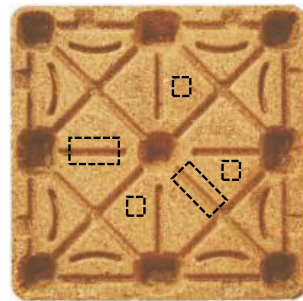


图 1 刨花模压托盘试样及试件截取图
Fig.1 Schematic diagram of testing specimens from a molded wood-particle pallet sample

1.4 性能测试

1) 外观：观察托盘是否出现掉屑、鼓泡、分层、污渍、裂痕、边角缺失等情况。

2) 物理性能

① 密度：根据 GB/T 17657—2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》截取规格为 50 mm×50 mm 的 6 块试样测试，结果取算术平均值。

② 含水率：根据 GB/T 17657—2013 测试样品的含水率，同一试样测试 3 次取算术平均值。

③ 吸水膨胀率：根据 GB/T 17657—2013 截取规格为 50 mm×50 mm 的试样 3 块，测试试样在 20±

1℃的水中浸泡24 h后的吸水膨胀率，结果取算数平均值。

3) 力学性能

① 内结合强度：根据GB/T 17657—2013裁取规格为50 mm×50 mm的试样3块，测试内结合强度，结果取算数平均值。

② 加强筋抗压强度：裁取规格为250 mm×80 mm模压托盘的加强筋，按照GB/T 17657—2013测试。同一试样测试3试件，结果取算数平均值。

③ 叉举抗弯强度：按照GB/T 4996—2014《联运通用平托盘 试验方法》中试验2a的要求测试，测试同一批次的3块试样，结果取算数平均值。

4) 甲醛释放量：根据GB/T 17657—2013裁取试件长宽为25 mm×25 mm，厚度为托盘厚度。试件总质量约为500 g，其中100 g用于含水率测定。采用穿孔萃取法测试甲醛释放量。

2 结果与讨论

2.1 模压托盘的外观和物理性能

采用3种胶黏剂制备刨花模压托盘，其外观、密度、含水率、吸水膨胀率结果见表3。

表3 3种胶黏剂制备刨花模压托盘的物理性能
Tab.3 Physical properties of molded wood-particle pallets with three types of adhesives

编号	密度/(g·cm ⁻³)	含水率/%	吸水膨胀率/%	外观
1	0.91	6.81	25.59	表面略微粗糙,完好 试样外观完好, 无缺失
2	0.88	10.76	30.12	
3	1.07	12.94	29.43	
4	0.91	8.57	20.80	外观完好,颜色较深
5	0.99	10.08	19.10	
6	0.87	11.43	21.44	
7	0.89	6.16	15.13	试样外观完好, 需喷脱模剂
8	0.93	6.45	13.91	
9	0.92	6.10	11.03	胶水溢出模具,有胶斑,需喷脱模剂

3种胶黏剂制备刨花模压托盘的密度介于0.8~1.1 g/cm³，模压托盘外观完好，且无缺失，但采用MDI胶制备的过程中需喷洒脱模剂。

MDI胶托盘（试验7~9组）的含水率较低，主要原因是MDI胶不含水，再加之施胶量较小；其余两种胶成分中含有水分，且施胶量较大，因此含水率相对较高。

MDI胶托盘的吸水厚度膨胀率最小（11.03%），其防水性最好；其次是酚醛树脂胶托盘；脲醛树脂胶托盘的吸水厚度膨胀率最大，这主要与胶黏剂的耐水性能有关。吸水厚度膨胀率直接影响刨花模压托盘在潮湿环境下的使用性能，刨花模压托盘吸收水分后会出现膨胀现象，对托盘的结构、承载性能和外观均产生不利影响。因此，在潮湿环境中建议使用MDI胶制备的刨花模压托盘。

2.2 模压托盘的力学性能

2.2.1 内结合强度

3种胶黏剂制备刨花模压托盘的内结合强度，测试结果见图2。

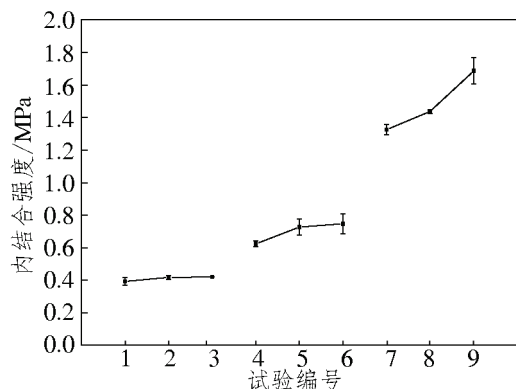


图2 3种胶黏剂制备刨花模压托盘的内结合强度
Fig.2 Bonding strength of molded wood-particle pallets with three types of adhesives

由图2可知，在一定范围内，3种胶黏剂制备刨花模压托盘的内结合强度均随施胶量的增大而升高。MDI胶制备刨花模压托盘（试验7~9）的内结合强度最高，脲醛树脂胶制备刨花模压托盘（试验1~3）的内结合强度相对较低。

MDI胶制备刨花模压托盘的内结合强度随施胶量的增加提升幅度较大。脲醛树脂胶和酚醛树脂胶刨花模压托盘随着施胶量的增加，其内结合强度有所提升；但随施胶量的进一步增加，内结合强度提升幅度较小。

2.2.2 加强筋抗弯强度

3种胶黏剂制备刨花模压托盘的加强筋抗弯强度，测试结果见图3。

图3显示，在一定范围内，3种胶黏剂制备刨花模压托盘的加强筋抗弯强度均随施胶量的增大而升高。MDI胶托盘（试验7~9）的加强筋抗弯强度最高，脲醛树脂胶托盘（试验1~3）的加强筋抗

弯强度相对较低。观察试样破坏过程发现,MDI 胶制备刨花模压托盘的加强筋与其余两种胶制备刨花模压托盘的断裂方式不同。从图3中曲线亦可以看出,MDI胶试验组的曲线上升到一定高度后呈现突然下降的趋势,此时加强筋突然断裂,说明其加强筋刚性较好;其余两组胶制备刨花模压托盘的加强筋的断裂方式为慢慢撕裂。

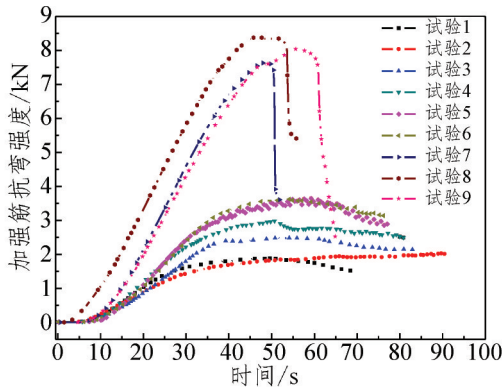


图3 3种胶黏剂制备刨花模压托盘的加强筋抗弯强度
Fig.3 Reinforcing rib bending strength of molded wood-particle pallets with three types of adhesives

2.2.3 叉举抗弯强度

3种胶黏剂制备刨花模压托盘的叉举抗弯强度测试结果,如图4所示。

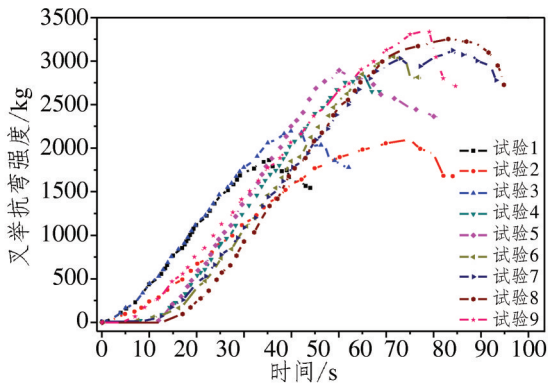


图4 3种胶黏剂制备刨花模压托盘的叉举抗弯强度
Fig.4 Fork lift bending strength of molded wood-particle pallets with three types of adhesives

由图4可知,在一定范围内,3种胶黏剂制备刨花模压托盘的叉举抗弯强度均随施胶量的增加而增大,此变化趋势与加强筋强度、内结合强度的变化趋势相同,其主要原因是提高施胶量有利于提高胶黏剂与刨花之间的结合率,从而促进刨花与胶黏剂之间的充分胶接,使其整体力学性能

得到提升。其中MDI胶试验组的叉举抗弯强度最优,脲醛树脂胶试验组的叉举抗弯强度较弱。

2.3 模压托盘的甲醛释放量

采用穿孔萃取法测试刨花模压托盘甲醛释放量的结果,列于表4。

表4 3种胶黏剂制备刨花模压托盘的甲醛释放量
Tab.4 Formaldehyde emission of molded wood-particle pallets with three types of adhesives

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
检出值/(mg/100 g)	10.1	13.2	15.4	9.2	10.3	11.9	0.04	0.04	0.04

表4显示,MDI胶制备刨花模压托盘(试验7~9组)的甲醛释放量几乎无检出,为无醛产品,在多领域应用有极大的竞争优势。若托盘需长时间密闭空间储存时,建议采用MDI胶制备的刨花模压托盘。随着人们对自身健康以及环境关注度的提升,甲醛释放量较低的MDI胶制备的模压托盘会得到更广泛的应用。脲醛树脂胶和酚醛树脂胶制备的托盘多用于一般货物运输以及化工、能源等行业中。

3 结论

1) 采用脲醛树脂、酚醛树脂、MDI 3种胶黏剂制备刨花模压托盘的外形完好。MDI胶制备刨花模压托盘,吸水厚度膨胀率较低,有良好的防水效果,其余两种刨花模压托盘相对较差。MDI胶制备刨花模压托盘的力学性能最优,其次为酚醛树脂胶制备的刨花模压托盘,脲醛树脂胶制备的刨花模压托盘的力学性能相对最弱。

2) MDI胶制备的模压托盘,因性能优良和几乎无甲醛释放,在医药、电子、食品等行业或潮湿环境的货物运输及仓储,有极大的应用优势;而脲醛树脂胶和酚醛树脂胶制备的托盘多用于一般货物运输以及化工、能源等行业中。

参考文献:

[1] Anil S K, Ma J F, Kremer G E, et al. Life cycle assessment comparison of wooden and plastic pallets in the grocery industry[J]. Journal of Industrial Ecology, 2020, 24(4): 871-886.
[2] Carrano A L, Thorn B K, Woltg H. Characterizing the carbon footprint of wood pallet logistics[J]. Forest Products Journal, 2014, 64 (7/8): 232-241.
[3] Tornese F, Pazour J A, Thorn B K, et al. Environmental and economic