

包装用薄型稻草刨花板的制备工艺研究

任丽敏, 王逢瑚, 张利

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘要: 从包装减量化设计理念出发, 探索了薄型稻草刨花板的制备工艺, 为绿色包装设计提供材料支撑。首先在 2% 的 MDI 施胶量水平下, 探索了热压温度、热压时间、酚醛胶施胶量对板材物理力学性能的影响, 但在最佳工艺条件下板材的内结合强度和吸水厚度膨胀率都没有达标。将 MDI 的使用量提高到 3%, 并在热压温度为 150 °C、热压时间为 2.0 min/mm、酚醛胶施胶量为 14%、石蜡用量为 1% 的最佳工艺条件下, 制备的薄型稻草刨花板的各种性能都达到了标准的要求。

关键词: 包装减量化; 稻草刨花板; 物理力学性能; 制备工艺

中图分类号: TB484.2; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)11-0010-06

Preparation Technology of Thin Rice-Straw Particleboard for Packaging

REN Li-min, WANG Feng-hu, ZHANG Li

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Based on the design concept of packaging reduction, the preparation technology of thin rice-straw particleboard was studied to provide material support for green packaging design. The effects of hot pressing temperature, hot pressing time and resin content of phenol formaldehyde resin (PF) on the physical and mechanical properties of the particleboard were studied under the condition of 2% MDI resin content. The internal bonding strength and thickness swelling of the thin rice-straw particleboard manufactured using the best production technology did not meet the national standard. When MDI resin content increases to 3%, the physical and mechanical properties of particleboard manufactured using the best production technology, which is the hot pressing temperature of 150 °C, the hot pressing time of 2.0 min/mm, the PF resin content of 14%, and the liquid paraffin content of 1%, meets the requirements of the national standard.

Key words: packaging reduction; rice-straw particleboard; physical and mechanical properties; production technology

绿色包装设计是现代包装设计理念中的一个重要组成部分, 而减量化包装设计是绿色包装设计的一个重要内涵, 即在生产、流通、消费等过程中尽量减少资源的消耗及废弃物的产生, 要求包装设计在节约资源、节约能源、节约空间、降低成本、便于废弃物处理等方面进行合理而有效的设计^[1]。文中从包装减量化设计理念出发, 充分利用农作物秸秆剩余物来替代日益紧缺的木材资源, 开发薄型稻草刨花板作为包装材料, 达到了包装设计减量化的要求。

由于稻草刨花本身存在蜡质层和硅类化合物, 且

纤维素含量低, 原材料自身强度低, 这些因素对板坯的粘结有不利影响, 因而使用一般的胶黏剂难以达到理想的物理力学性能。只有使用异氰酸酯类胶黏剂, 才能制备出合格的稻草刨花板, 所以大量学者围绕使用异氰酸酯胶黏剂来改善稻草刨花板的性能展开了一系列的相关研究^[2-7]。在这些相关研究中, 稻草刨花板的厚度一般都在 10 mm 以上, 对于较小厚度的板材研究较少。当稻草刨花板的厚度减小到 10 mm 以下时, 水分更容易进入板材内部, 使其吸水厚度膨胀率增大, 并且板材的其他物理力学性能也随之变

收稿日期: 2012-12-13

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12523023)

作者简介: 任丽敏(1976-), 女, 哈尔滨人, 博士生, 东北林业大学讲师, 主要从事生物质复合材料与艺术领域的结合研究。

通讯作者: 王逢瑚(1953-), 男, 上海人, 东北林业大学教授、博士生导师, 主要研究方向为木材科学与技术。

化。文中使用异氰酸酯与酚醛树脂胶黏剂,探讨热压工艺各参数对薄型稻草刨花板物理力学性能的影响,为包装设计减量化提供材料技术支持。

1 试验

1.1 材料

稻秆:稻草秸秆来源于黑龙江省阿城市,收割后在室外自然堆放气干。酚醛胶:北京太尔化工有限公司生产,红色液体,黏度(25 ℃)为 60 ~ 100 mPa · s,固含量(120 ℃)为 42.5% ~ 44.5%,pH 值(25 ℃)为 12 ~ 14。异氰酸酯(MDI):烟台万华聚氨酯股份有限公司生产,型号为 WANNATE PM-200,棕色液体,黏度(25 ℃)为 150 ~ 250 mPa · s,—NCO 的质量分数为 30.2% ~ 32.0%,密度(25 ℃)为 1.220 ~ 1.250 g/cm³。氢氧化钠:固体,分析纯,NaOH 的质量分数不低于 96%。

1.2 设备

预压机:50 t 试验预压机,幅面为 370 mm × 370 mm,哈尔滨市东大人造板机械制造有限公司生产。热压机:100 t 试验热压机,幅面为 420 mm × 420 mm,哈尔滨市东大人造板机械制造有限公司生产。万能力学试验机:CMT5504 型,深圳市新三思计量技术有限公司生产。强制对流鼓风恒温干燥箱:101-7HA 型,杭州蓝天化验仪器厂生产。其他设备:植物粉碎机、拌胶机、电子天平、喷枪、精密裁板锯、模框箱、游标卡尺、千分尺、顶击式振筛机、空气压缩机、恒温水浴锅。

1.3 方法

1.3.1 稻草刨花的制备与碱处理

将稻秆在粉碎机中进行粉碎;粉碎后的稻草碎料,先使用网眼尺寸为 10 mm × 10 mm 的铁丝网筛选出大尺寸稻草碎料进行再粉碎;然后再使用 10 目的筛网进行筛选,将筛网上的稻草刨花作为主要制板原料。

将筛选出的稻草刨花按照以下的碱处理工艺^[8]进行处理:碱液浓度为 1.5%、料液比(稻草/碱液)为 10 g : 45 mL、处理时间为 12 h。将处理后的稻草刨花在强制对流鼓风恒温干燥箱中进行烘干,干燥温度为 105 ℃,干燥至含水率为 6% ± 1%。

对碱处理并干燥后的稻草刨花进行筛分检测,检测结果见表 1。

表 1 稻草刨花的筛分值

Tab. 1 Classifying value of rice straw particles

筛网目数/目	<8	8 ~ 12	12 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	>40
质量分数/%	12.77	22.39	16.19	17.96	11.84	18.85

1.3.2 薄型稻草板的工艺探索

1) 薄型稻草刨花板的制备工艺流程为:稻秆→粉碎→筛选→稻草刨花→碱处理→干燥→称量→施胶→铺装→预压→热压→成型。

备料:按照施胶量、施蜡量、板材尺寸、板材密度等计算出稻草刨花、胶黏剂、石蜡等的用量,并称量好。

施胶:将称量好的稻草刨花倒入拌胶机内;开动拌胶机和空气压缩机,将称量好的 MDI 倒入喷枪中,首先进行施加;然后再将酚胶及液体石蜡一起倒入另一喷枪,再进行喷胶。搅拌速度和搅拌时间应保证刨花和胶黏剂充分混合均匀。

铺装:将拌胶后稻草刨花在模框箱中进行手工铺装,并将聚四氟乙烯膜加入到垫板与板坯之间以防止热压后粘板。

预压:在模框箱内铺装完毕后,板坯要在预压机内预压 15 ~ 20 s 左右;预压成型后,板坯从预压机卸出,拿掉模框箱,在板坯上面再放置一块聚四氟乙烯膜及垫板。

热压:使用厚度规控制板坯的最终热压成型厚度,热压工艺参数见工艺设计。

检测:将热压好的稻草刨花板从热压机中取出,自然冷却,静置 24 h 之后,锯制成检测用的标准尺寸试件。

检测标准有 GB/T 4897.3—2003《刨花板 第 3 部分:在干燥状态下使用的家具及室内装修用板要求》及 GB/T 17657—1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,进行检测的物理力学性能指标有 2 h 吸水厚度膨胀率、内结合强度、静曲强度和弹性模量。标准中规定的性能指标为,当板材公称厚度为 4 ~ 6 mm 时,要求静曲强度 ≥ 15 MPa,弹性模量 ≥ 1.95 GPa,内结合强度 ≥ 0.45 MPa,2 h 吸水厚度膨胀率 ≤ 8.0%。

2) 工艺设计。首先确定使用异氰酸酯的施胶量为 2%,并对制备工艺的热压温度、热压时间、酚醛胶施胶量等 3 个参数进行正交试验的优化,确定这 3 个

工艺参数的最佳值。设定稻草板的目标绝干密度 $\rho = 0.70 \text{ g/cm}^3$; 酚醛胶的施胶量水平见表 2, 防水剂为液体石蜡, 用量为 1%; 稻草板的幅面尺寸(长×宽×厚)为 340 mm×320 mm×6 mm。首先考察热压温度、热压时间、酚醛胶施胶量对稻草板物理力学性能的影响, 每种因素下有 3 种水平, 选取的因素水平见表 2, 制备工艺按照正交表 $L_9(3^4)$ 进行试验设计, 见表 3。

表 2 薄型稻草板制备工艺因素水平

Tab. 2 Factors and levels of preparation technology of the thin rice-straw particleboard

水平	热压温度 A /°C	热压时间 B /(min·mm ⁻¹)	酚胶施胶量 C /%
1	110	1.0	10
2	130	1.5	12
3	150	2.0	14

表 3 稻草板制备工艺的试验设计

Tab. 3 Experimental design of preparation technology of strawboard

试验号	热压温度 /°C	热压时间 /(min·mm ⁻¹)	酚胶 施胶量/%
1	110	1.0	10
2	110	1.5	12
3	110	2.0	14
4	130	1.0	12
5	130	1.5	14
6	130	2.0	10
7	150	1.0	14
8	150	1.5	10
9	150	2.0	12

当分析了正交试验结果后, 在 MDI 施胶量为 2% 及最佳的热压温度、热压时间及酚醛胶施胶量工艺下, 进行验证试验, 观察试验结果。如果板材的各项性能还没有达标, 将主要提高 MDI 的施胶量来改善薄型稻草刨花板的各方面性能。

表 4 薄型稻草刨花板的厚度与密度

Tab. 4 Thickness and density of the thin rice-straw particleboard

试验号		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>H</i>	平均值/mm	5.53	5.57	5.55	5.45	5.48	5.50	5.39	5.55	5.52
	变异系数/%	1.42	0.77	0.76	1.42	0.65	1.19	1.11	0.96	1.22
ρ	平均值/(g·cm ⁻³)	0.76	0.78	0.77	0.77	0.77	0.75	0.78	0.74	0.75
	变异系数/%	7.83	5.59	4.48	5.35	2.11	2.30	5.18	8.18	5.81

每种试验条件下, 平行压制 2 张稻草板, 每张板上裁制吸水厚度膨胀率检测试件 4 块(50 mm×50 mm×6 mm), 内结合强度检测试件 4 块(50 mm×50 mm×6 mm), 静曲强度与弹性模量检测试件 3 块(250 mm×50 mm×6 mm)。所有试件都在温度为(20±2)°C、相对湿度为(65±5)% 条件下放至质量恒定后再进行相关检测。

2 试验结果与讨论

首先对试件进行了实际厚度 H 和密度 ρ 的测量, 结果见表 4。通过表 4 可以看出, 制备的薄型稻草刨花板的平均厚度为 5.5 mm, 比设定的公称厚度小 0.5 mm; 平均密度为 0.77 g/cm³, 比设定的公称密度有所增大, 主要是由于热压机的控制精度及厚度规与垫板的尺寸误差, 导致板材厚度减小, 以致密度有所提高。

再对试件按照标准进行性能检测, 检测结果见表 5。表 5 中列出了静曲强度、弹性模量、内结合强度及 2 h 吸水厚度膨胀率的检测结果平均值及变异系数。通过表 5 中数据, 结合标准中规定的性能指标, 可以看出, 大部分试验组次制备的稻草板的静曲强度和弹性模量都达到了标准要求的数值, 但是对于内结合强度和 2 h 吸水厚度膨胀率, 大部分的试验组次都没有达标。

对表 5 中的正交试验原始数据进行直观分析和方差分析, 选择出对薄型稻草刨花板物理力学性能有显著影响的因素和水平。

2.1 静曲强度的直观分析与方差分析

对静曲强度的正交试验结果进行分析, 可得到均值及极差分析表, 见表 6, 方差分析表见表 7。

通过比较极差值的大小, 确定 3 种制备工艺参数对薄型稻草板静曲强度影响的主次顺序, 比较表 6 中极差 R 值, 可得主次顺序为热压温度>酚胶施胶量>热压时间。

表5 薄型稻草刨花板的性能检测结果

Tab.5 Performance testing results of the thin rice-straw particleboard

试验号	静曲强度		弹性模量		内结合强度		2 h 吸水厚度膨胀率	
	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数
	/MPa	/%	/GPa	/%	/MPa	/%	/%	/%
1	13.85	44.50	2.23	32.09	0.30	35.63	22.79	29.93
2	14.74	22.44	2.39	18.02	0.35	29.70	13.74	15.86
3	13.79	36.03	2.24	22.55	0.36	29.77	14.17	22.79
4	17.57	10.35	3.29	11.49	0.41	27.74	14.19	22.76
5	19.24	15.17	3.65	13.17	0.43	28.41	13.17	35.53
6	17.70	15.76	3.58	12.60	0.34	32.63	13.04	13.10
7	19.65	25.99	3.83	19.04	0.47	21.19	11.85	16.67
8	16.67	34.87	3.33	21.75	0.46	23.84	15.25	15.58
9	19.06	19.60	3.48	10.81	0.41	16.44	12.16	20.32

表6 薄型稻草板静曲强度的水平均值及极差分析

Tab.6 Mean value and range of MOR of particleboard

因素	MPa			
	水平1 均值	水平2 均值	水平3 均值	极差 R
热压温度 A	14.1255	18.1694	18.4593	4.3338
热压时间 B	17.021	16.8823	16.8509	0.1701
酚胶施胶量 C	16.0724	17.1255	17.5563	1.4839

表7 薄型稻草板静曲强度的方差分析

Tab.7 Analysis of variance of MOR of particleboard

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
热压温度	211.3192	2	105.6596	5.7913	0.0057
热压时间	0.2949	2	0.1475	0.0081	0.992
酚胶施胶量	20.9788	2	10.4894	0.5749	0.5667
误差	857.4894	47	18.2445		
总和	1090.0823	53			

通过比较各因素下水平均值的大小,确定每一因素的最优水平,比较表6中的水平均值,可得最优水平组合为:A3C3B1。

当显著水平 p 值小于等于 0.05 时,可认为该因素对试验结果有显著作用。通过观察表7中的 p 值,可知,在 2% 的 MDI 施胶量下,仅热压温度对薄型稻草板的静曲强度有显著影响,而热压时间和酚胶施胶量对其没有显著影响。

2.2 弹性模量的直观分析与方差分析

对弹性模量的正交试验结果进行分析,可得到均值及极差分析,见表8,方差分析见表9。

表8 薄型稻草板弹性模量的水平均值及极差分析

Tab.8 Mean value and range of MOE of particleboard

因素	水平1	水平2	水平3	极差 R
	均值	均值	均值	
热压温度 A	2.2884	3.5048	3.5468	1.2584
热压时间 B	3.1167	3.1257	3.0977	0.028
酚胶施胶量 C	3.0499	3.0527	3.2375	0.1876

表9 薄型稻草板弹性模量的方差分析

Tab.9 Analysis of variance of MOE of particleboard

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
热压温度	18.3893	2	9.1947	29.715	0.0001
热压时间	0.0073	2	0.0037	0.012	0.9882
酚胶施胶量	0.4162	2	0.2081	0.673	0.5152
误差	14.5429	47	0.3094		
总和	33.3558	53			

通过比较极差值的大小,确定3种制备工艺参数对薄型稻草板弹性模量影响的主次顺序,比较表8中极差 R 值,可得主次顺序为热压温度>酚胶施胶量>热压时间。

通过比较各因素下水平均值的大小,确定每一因素的最优水平,比较表8中的水平均值,可得最优水平组合为:A3C3B2。

当显著水平 $p \leq 0.05$ 时,可认为该因素对试验结果有显著作用。观察表9中的 p 值,可知,在 2% 的 MDI 施胶量下,仅热压温度对稻草板的弹性模量有显著影响,而热压时间和酚胶施胶量对其没有显著影响。

2.3 内结合强度的直观分析与方差分析

对内结合强度的正交试验结果进行分析,可得到均值及极差分析见表 10,方差分析见表 11。

表 10 薄型稻草板内结合强度的水平均值及极差分析

Tab. 10 Mean value and range of IB of particleboard

因素	水平 1 均值	水平 2 均值	水平 3 均值	极差 R
热压温度 A	0.3369	0.3929	0.4486	0.1117
热压时间 B	0.3954	0.4118	0.371	0.0408
酚胶施胶量 C	0.3663	0.3914	0.4206	0.0543

表 11 薄型稻草板内结合强度的方差分析

Tab. 11 Analysis of variance of IB of particleboard

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
热压温度	0.1498	2	0.0749	6.8157	0.0021
热压时间	0.0202	2	0.0101	0.9207	0.4034
酚胶施胶量	0.0354	2	0.0177	1.6091	0.2079
误差	0.7142	65	0.011		
总和	0.9195	71			

通过比较极差值的大小,确定 3 种制备工艺参数对薄型稻草板内结合强度影响的主次顺序。通过比较表 10 中极差 R 值,可得主次顺序为热压温度>酚胶施胶量>热压时间。

通过比较各因素下水平均值的大小,确定每一因素的最优水平,比较表 10 中的水平均值,可得最优水平组合为:A3C3B2。

当显著水平 p 值小于等于 0.05 时,可认为该因素对试验结果有显著作用。观察表 11 中的 p 值,可知,在 2% 的 MDI 施胶量下,仅热压温度对稻草板的内结合强度有显著影响,而热压时间和酚胶施胶量对其没有显著影响。

2.4 2 h 吸水厚度膨胀率的直观分析与方差分析

对 2 h 吸水厚度膨胀率的正交试验结果进行分析,可得到均值及极差分析,见表 12,以及方差分析,见表 13。

通过比较极差值的大小,确定 3 种制备工艺参数对稻草板 2 h 吸水厚度膨胀率影响的主次顺序,比较表 12 中极差 R 值,可得主次顺序为酚胶施胶量>热压温度>热压时间。

通过比较各因素下水平均值的大小,确定每一因素的最优水平,因为 2 h 吸水厚度膨胀率越小越好,所以取水平均值的极小值,比较表 12 中的水平均值,

表 12 薄型稻草板 2 h 吸水厚度膨胀率的

水平均值及极差分析

Tab. 12 Mean value and range of 2hTS of particleboard

因素	水平 1 均值	水平 2 均值	水平 3 均值	极差 R
热压温度 A	16.8992	13.4646	13.0846	3.8146
热压时间 B	16.2738	14.0525	13.1221	3.1517
酚胶施胶量 C	17.0238	13.3625	13.0621	3.9617

表 13 薄型稻草板 2 h 吸水厚度膨胀率的方差分析

Tab. 13 Analysis of variance of 2 hTS of particleboard

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
热压温度	211.9345	2	105.9672	7.5862	0.0011
热压时间	125.861	2	62.9305	4.5052	0.0147
酚胶施胶量	233.5184	2	116.7592	8.3588	0.0006
误差	907.9449	65	13.9684		
总和	1479.259	71			

可得最优水平组合为:C3A3B3。

当显著水平 p 值小于等于 0.05 时,可认为该因素对试验结果有显著作用。观察表 13 中的 p 值,可知,在 2% 的 MDI 施胶量下,热压温度、热压时间和酚胶施胶量对稻草板的 2 h 吸水厚度膨胀率都有显著影响。

通过对以上 4 种性能的直观分析和方差分析,可以发现 3 种生产工艺参数中,只有热压温度对静曲性能(静曲强度与弹性模量)和胶接性能(内结合强度)有显著的影响,而热压时间和酚醛胶的影响不显著。这说明对于薄型稻草刨花板而言,热量可以在很短的时间内传递到芯层以促进胶黏剂的固化,所以热压时间的变化对力学性能和胶合性能的影响不显著;而酚醛胶的影响也被异氰酸酯胶黏剂所掩盖,只有热压温度的提高能促进胶黏剂的流展分布以及固化,其对力学性能和胶接性能的影响是显著的。这 3 种参数对吸水厚度膨胀率都有显著的影响,适当提高热压温度能够促进胶黏剂的固化胶接,适当延长热压时间能够释放板材内部的内应力,施胶量的增加也能够改善胶接性能,这些都有利于提高刨花板的尺寸稳定性。

2.5 验证试验

由静曲强度、弹性模量、内结合强度、2 h 吸水厚度膨胀率 4 种性能指标的直观分析和方差分析结果可知,在 2% 的 MDI 施胶量下,最优工艺参数水平组合为:静曲强度取 A3、弹性模量取 A3、内结合强度取

A3、2 h 吸水厚度膨胀率取 A3B3C3。综合这 4 组组合,可得出最优工艺水平组合为: A3B3C3,即热压温度为 150 ℃,热压时间取 2.0 min/mm,酚胶施胶量取 14%。

在该最优工艺下,进行验证试验,制备薄型稻草板,检测其性能指标,得出的试验结果为(平均值):静曲强度=23.04 MPa,弹性模量=3.15 GPa,内结合强度=0.30 MPa,2 h 吸水厚度膨胀率=11.06%。可以看出,在该最优工艺下,静曲强度与弹性模量取得了较优值,但是内结合强度及 2 h 吸水厚度膨胀率仍然没有达标,所以可以得出结论,有必要进一步提高 MDI 的施胶量。

2.6 MDI 施胶量的提高

通过以上的试验可以看出,在 2% 的 MDI 施胶量下,薄型稻草板的静曲强度和弹性模量能够达到标准规定的指标值,但是内结合强度和 2h 吸水厚度膨胀率没有达到标准的要求,所以有必要进一步提高 MDI 的施胶量。

将 MDI 的施胶量提高为 3%,酚醛胶施胶量为 14%,在热压温度 150 ℃及热压时间 2.0 min/mm 下,制备公称厚度为 6 mm 的薄型稻草板,并检测其各项性能,得出的试验结果为(平均值): $H=5.52$ mm, $\rho=0.75$ g/cm³,静曲强度=29.06 MPa,弹性模量=4.63 GPa,内结合强度=0.50 MPa,2 h 吸水厚度膨胀率=7.91%。

从上面的试验结果可以看出,当 MDI 的施胶量提高到 3% 时,稻草板的各项性能都有明显的改善,其中内结合强度和 2 h 吸水厚度膨胀率的改善最为明显,而静曲强度与弹性模量的值也远大于标准规定的数值,薄型稻草板的各项性能已经完全符合标准中的规定,因此将 MDI 的施胶量确定为 3%。对于酚胶而言,其与稻草刨花的胶接机理主要是机械结合和扩散理论等的弱化学键的胶接作用,而对于异氰酸酯胶粘剂,体系中存在高反应活性游离异氰酸酯基,因此其与稻草刨花的胶接机理主要是形成强有力的化学键结合。因为稻草刨花表面上含有大量的蜡质和硅质,这层物质阻碍着胶黏剂的扩散与渗透,所以酚胶与稻草刨花不能得到很好的胶接,而异氰酸酯能够通过强化学键与稻草刨花胶接,从而使稻草刨花板具有较好的物理力学性能。

3 结论

主要探索了公称厚度为 6 mm 的薄型稻草刨花板

的制备工艺,以满足包装材料减量化的要求。试验制备的板材平均厚度为 5.5 mm,平均密度为 0.75 g/cm³,具有较薄的厚度,较小的密度,可使由该稻草刨花板制备的包装盒体,具有较轻的盒体质量,可以节约材料资源,降低制备能耗及运输成本,并且在使用废弃后也可以得到充分的自然降解。

在 2% 的 MDI 施胶量水平下,探索了热压温度、热压时间、酚胶施胶量的最优工艺参数,得出最优的生产工艺:热压温度为 150 ℃,热压时间为 2.0 min/mm,酚胶施胶量为 14%。在此工艺下,薄型稻草板的内结合强度和吸水厚度膨胀率还没有达到标准要求的指标数值。

将 MDI 的施胶量提高到 3%,并在最优工艺下制备了薄型稻草刨花板,检测其性能已完全达到标准规定的指标数值,所以最终确定了薄型稻草刨花板制备的工艺参数,即热压温度为 150 ℃,热压时间为 2.0 min/mm,酚胶施胶量为 14%,MDI 施胶量为 3%,石蜡用量为 1%。

还可以对薄型稻草刨花板进行进一步的表面装饰,以满足不同包装盒体的外观要求,如在表面粘贴木质单板、薄木、薄竹、装饰纸等其他材料,预期薄型稻草刨花板可以作为首饰盒、礼品盒、酒水盒等各种不同内容物的盒体材料,对于充分利用农作物秸秆资源,保护环境,节约资源具有重要的应用意义。

参考文献:

- [1] 李伯民,李瑞琴. 现代包装设计理论与方法[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
LI Bo-min, LI Rui-qin. Modern Packaging Design Theory and Methods [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2010.
- [2] 郝丙业,刘正添. 稻草刨花板制造工艺的初步研究[J]. 木材工业,1993,7(3):2-7
HAO Bing-ye, LIU Zheng-tian. A Primary Study on the Technology of Making Rice-straw Particleboard [J]. China Wood Industry, 1993, 7(3): 2-7.
- [3] 陆仁书,濮安彬,张显权,等. 异氰酸酯胶稻草刨花板制造工艺[J]. 东北林业大学学报,1997,25(3):14-17.
LU Ren-shu, PU An-bin, ZHANG Xian-quan, et al. Manufacturing Technique of Diisocyanate Particleboard from Rice-straw [J]. Journal of Northeast Forestry University, 1997, 25(3): 14-17.

- TAN Yong-gang, XIAO Jun, LI Yong, et al. Analysis and improvement of the sandwich shear test method[J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2008, 25(3):115-120.
- [4] SCHNEIDER K, LAUKE B, BECKERT W. Compression Shear Test (CST) - A Convenient Apparatus for the Estimation of Apparent Shear Strength of Composite Materials [J]. *Applied Composite Materials*, 2001, 8(1):43-62.
- [5] 郭彦峰, 辛成龙, 许文才, 等. 蜂窝纸板结构平压性能有限元分析[J]. *包装工程*, 2009, 30(1):34-35, 40.
- GUO Yan-feng, XIN Cheng-long, XU Wen-cai, et al. Finite Element Analysis on the Flat Crush Property of Honeycomb Structure[J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30(1):34-35, 40.
- [6] 计宏伟, 徐革玲, 李俊超, 等. 蜂窝纸板侧压强度实验研究[J]. *包装工程*, 2006, 27(6):90-91.
- JI Hong-wei, XU Ge-lin, LI Jun-chao, et al. Experimental Investigation of Edgewise Compression Properties of High-strength Composite Corrugated Cardboard [J]. *Packaging Engineering*, 2006, 27(6):90-91.
- [7] 温时宝. 高强瓦楞复合纸板侧压性能实验研究[J]. *包装工程*, 2011, 32(19):62-65.
- WEN Shi-bao. Experimental Investigation of Edgewise Compression Properties of High-strength Composite Corrugated Cardboard[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(19):62-65.
- [8] 徐永君, 李敏, 战颂, 等. 蜂窝结构抗剪性能实验研究及其数值模拟[J]. *实验室研究与探索*, 2007, 26(10):233-234.
- XU Yong-jun, LI Min, ZHAN Song, et al. Shearing Properties Study of Honeycomb Structure by Indoor Testing and Numerical Analysis[J]. *Research and Exploration in Laboratory*, 2007, 26(10):233-234.
- [9] 李厚民. 蜂窝纸板受压时的有限元分析[J]. *包装工程*, 2006, 27(1):34-36.
- LI Hou-min. FEM Analysis of the Compression Properties of Honeycomb Paperboard[J]. *Packaging Engineering*, 2006, 27(1):34-36.
- [10] 邵文全, 计宏伟, 李晓明, 等. 蜂窝纸板剪切强度实验研究[J]. *包装工程*, 2008, 29(2):10-11.
- SHAO Wen-quan, JI Hong-wei, LI Yan-ming, et al. Experimental Research on the Shear Strength of Honeycomb Paperboard[J]. *Packaging Engineering*, 2008, 29(2):10-11.
- [11] 温时宝. 一种快速更换试样的夹层结构压缩剪切测试夹具: 中国, 201120160447. 7[P]. 2011-05-11.
- WEN Shi-bao. A Compression Shear Test Fixture with Rapid Replacement Sample for Sandwich Structure: China, 201120160447. 7[P]. 2011-05-11.
-
- (上接第 15 页)
- [4] 顾继友, 高振华, 谭海彦, 等. 异氰酸酯稻草刨花板制造工艺的研究[J]. *林产工业*, 2000, 27(3):14-18.
- GU Ji-you, GAO Zhen-hua, TAN Hai-yan, et al. Studies on Production Technology of Rice-straw Particleboard with Isocyanate Resins [J]. *China Forest Products Industry*, 2000, 27(3):14-18.
- [5] 徐信武, 吴清林, 周定国, 等. 改性异氰酸酯胶黏剂稻草刨花板的研究[J]. *南京林业大学(自然科学版)*, 2003, 27(3):21-25.
- XU Xin-wu, WU Qing-lin, ZHOU Ding-guo, et al. An Experimental Trial of Manufacturing Rice Straw-based Particleboard with Modified MDI Resin [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 2003, 27(3):21-25.
- [6] 王高升, 邵文泉, 王丽, 等. 农作物秸秆缓冲包装材料的研制[J]. *包装工程*, 2001, 22(6):16-19.
- WANG Gao-sheng, SHAO Wen-quan, WANG Li, et al. Development of Cushioning Packaging Materials Making Use of Crops Straw [J]. *Packaging Engineering*, 2001, 22(6):16-19.
- [7] 徐信武, 吴清林, 周定国, 等. 改性异氰酸酯胶黏剂稻草刨花板的吸湿特性[J]. *林产工业*, 2003, 30(3):18-21.
- XU Xin-wu, WU Qing-lin, ZHOU Ding-guo, et al. Fundamental Hygroscopic Characteristics of Rice Straw-based Particleboard with Modified MDI Resin [J]. *China Forest Products Industry*, 2003, 30(3):18-21.
- [8] 严永林, 李新功, 刘晓荣. 稻草碎料板热压工艺研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(1):126-129.
- YAN Yong-lin, LI Xin-gong, LIU Xiao-rong. Study on Hot-pressing Process of Straw Particle Board [J]. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2012, 32(1):126-129.
- [9] 王逢瑚, 白波, 李鹏, 等. 原料表面碱液处理对稻草碎料板力学性能的影响[J]. *林业机械与木工设备*, 2007, 35(11):29-31.
- WANG Feng-hu, BAI Bo, LI Peng, et al. Effect of the Surface Alkali Liquor Processing on the Mechanical Properties of the Rice Straw Particle Board [J]. *Forestry Machinery and Woodworking Equipment*, 2007, 35(11):29-31.