

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2016.03.003

一种模压代木包装材料的制备工艺及性能研究

张帆, 余立

(福州大学 至诚学院, 福建 福州 350000)

摘要: 利用速生杨树木材加工剩余物, 制备了一种用于运输包装的代木材料, 并研究其物理、机械性能。采用正交试验设计方法制备了不同代木包装材料试样, 并利用极差分析方法分析了不同工艺参数对代木包装材料物理、机械性能的影响。试验结果表明, 制备代木包装材料的较佳模压工艺参数如下: 热压温度为 120~125 °C、热压时间为 10 min、热压压力为 10 MPa、胶黏剂的添加质量分数为 10%, 在此工艺条件下制备的代木包装材料, 其静曲强度、内结合强度、吸水厚度膨胀率、密度分别为 17.7 MPa, 1.61 MPa, 6.1%, 0.73 g/cm³。所制备的代木包装材料满足国家标准 (GB/T4897—1992) 的 A 类刨花板一等品物理力学性能要求, 是一种绿色环保的包装材料。

关键词: 代木包装材料; 模压; 工艺参数; 物理机械性能

中图分类号: TB484.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2016)03-0014-07

Process and Performance of a Molded Pressing Wood Substitute Packaging Material

ZHANG Fan, YU Li

(Zhi cheng College, Fuzhou University, Fuzhou 350000, China)

Abstract: A wood substitute packaging material was prepared through the breaking, molding and drying of the wood processing residues of fast-growing poplar with its physical and mechanical properties analyzed. Samples of different wood substitute packaging materials were produced via the orthogonal design method, and the influences of different process parameters on wood substitute material's physical and mechanical properties were analyzed by the range analysis method. The results of the tests indicated the optimal properties of wood substitute packaging material as the hot-processing temperature being 120 ~ 125 °C, the hot-processing time being 10 min, the hot-processing pressure being 10 MPa and sizing amount being 10%. Under this condition, the MOR, inner bonding strength, thickness swelling rate of water absorption and density of the prepared material were 17.7 MPa, 1.61 MPa, 6.1% and 0.73 g/cm³ respectively. The prepared wood residue packaging products satisfied the requirements of national standard (GB/T4897—1992) and met the standards of green packaging materials.

Key words: wood substitute packaging material; mold pressing; process parameter; physical and mechanical property

0 引言

随着世界性的森林资源短缺, 全球性木材原材料供应日趋紧张, 加上我国森林资源匮乏, 木材供需不平衡, 导致国内木材供需缺口逐年增大。同时,

现阶段木材消耗企业和生活中产生较多木材加工剩余物和废弃木材, 如能合理利用这些木质原料将缓解我国的木材供需矛盾, 对节约资源和构建“两型”社会具有重要的现实意义。木材资源紧缺在很大程度上制约了我国木制品包装行业的可持续发展。因

收稿日期: 2015-11-26

作者简介: 张帆 (1988-), 男, 甘肃渭源人, 福州大学教师, 主要研究方向为生物质包装材料, 包装结构设计及运输包装,

E-mail: zf103060@163.com.

此,利用其他的材料替代木材或者利用木材加工剩余物制备代木包装材料是节约木材资源的重要途径。现阶段我国用于包装中的人造板代木包装材料主要有胶合板、刨花板和其它板材^[1]。基于环境保护和经济可持续发展,越来越多的国家限制原木出口。在原材料使用要求方面,现有木材原料优先满足造纸、家具和建筑等行业的需求,因而包装行业的节材代木进程势在必行^[2]。

速生杨树本身的缺陷给其开发利用带来很大的困难^[3],但其具含水率高、材质软等特性,可简化制板工艺,降低生产成本^[4-6]。利用其木材加工剩余物制备包装材料,从生产技术、经济效益、产品质量和实际应用方面而言,均是理想的代木包装材料生产方式^[7]。利用加工剩余物制备代木包装材料需选用适当的胶黏剂,因胶黏剂选用是否合理对复合包装材料的性能有着至关重要的影响,已有大量学者围绕使用不同胶黏剂改善刨花板的性能展开了研究,得到了较多成果^[8]。本研究旨在利用速生杨树木材加工剩余物,通过控制热压工艺过程中的施胶量、热压温度、热压时间和热压压力等工艺参数,制备一种用于运输包装的代木材料,并探讨其最佳工艺参数,以期为指导工业化生产提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 材料与设备

1)原料。速生杨树木材加工剩余物,湖州南浔工业包装有限公司。2)胶黏剂。选用三聚氰胺改性脲醛树脂胶黏剂,其固体物质量分数为50%~55%,黏度(20℃)为26~30 cps,固化时间为90~120 s。3)预处理助剂。质量分数为1.5%的NaOH溶液,实验室自制。4)试验用主要设备。具体见表1。

表1 主要试验设备

Table 1 Experimental equipments

设备名称	型号	生产厂家
立式磨浆机	T07-PF1	咸阳通达设备有限公司
鼓风干燥箱	DHG-9070A	宁波市鄞州赛茵仪器有限公司
平板热压机	XLB	青岛鑫城一鸣橡胶机械有限公司
电子天平	B5600L	上海友声衡器有限公司
电子万能材料试验机	LRX Plus	英国LLOYD 劳埃德

1.2 试验方法

1.2.1 正交试验设计

代木包装材料的热压工艺,是指胶黏剂在胶接固化过程和被胶接单元在热能、水分及压力的共同作用下的物理化学变化过程。热压成型工艺的主要

作用是加热使胶黏剂固化,将坯材压实到一定厚度,通过加压使板内浆料紧密接触,表面胶层温度上升,最后将碎料黏合在一起。压力、温度、热压时间对热压过程的影响占据主导地位,常称为热压工艺的三要素。而胶黏剂作为板材黏合的动力,其施加量也对板材的胶接强度存在很大影响。代木包装材料的制备过程中,有很多因素相互联系、相互影响,因而无法利用某一公式计算出相关的数量关系,故本试验采用 $L_9(3^4)$ 正交试验法(见表2和3)进行试验,以研究上述各因素对制备代木包装制品物理机械性能的影响。根据前期的研究和实践,将热压温度、施胶量、热压时间和热压压力各选3个水平进行试验,分别如下:热压温度为80~85,100~105,120~125℃,施胶量即胶黏剂添加质量分数为8%,10%,12%,热压时间为5,10,15 min,热压压力为5,8,10 MPa。

表2 试验水平因素

Table 2 Orthogonal factor table

水平	A	B	C	D
	施胶量/%	温度/℃	时间/min	压力/MPa
1	8(S1)	100~105(T1)	5(M1)	5(P1)
2	10(S2)	120~125(T2)	10(M2)	8(P2)
3	12(S3)	140~145(T3)	15(M3)	10(P3)

表3 正交试验设计

Table 3 Orthogonal design table

试验号	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	1
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

1.2.2 代木包装材料的制备

1)原料的预处理。试验前将速生杨树木材加工剩余物用削片机加工成直径为3~4 cm的单元,并将其蒸煮软化后干燥,再用立式磨浆机(T07-PF1型)研磨,制成含水率为7%~12%的杨木纤维。

2)材料的制备。将制备好的杨木纤维按照试验设计要求称量后,手工铺装在130 mm×130 mm×9 mm规格的模具腔体内,形成单层碎料板坯,所制备板材的设计密度为0.75 g/cm³,板坯经手动预压后,放入热压设备中进行热压。其中,预压目的在于使板坯密实、具有一定的强度,防止在搬运过程中发生断裂或边缘塌陷;排出板坯内部的水蒸气,防止热压过程中因水蒸气的急速冲出使得包装制品出现鼓包

或分层现象^[9]。且预压过程中的压力不宜太大,若压力过大,板坯虽会被压得更密实,但同时会使所制备的包装制品强度下降,压力过大还会使杨木纤维材料表面的胶黏剂流失或渗入杨木纤维内部,杨木纤维板坯被压溃,影响板坯杨木纤维间的结合^[10]。同时,预压时间也不能过长,一般以30~60 s为宜。

1.2.3 物理机械性能检测

在对包装材料的研究中发现,以木质材料作为包装材料时,提高其承重能力尤为重要。大型承重包装材料组合通常需异型结构,在特定场合使用的包装材料需材料本身各向异性,而在所有材料中,经过特殊处理的木材最能满足这些需求^[11]。因此,本实验中关于代木包装材料的物理机械性能测试按照GB/T 17657—2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》中的要求进行,检测项目包括材料的静曲强度(modulus of rupture, MOR)、密度、内结合强度(internal bond strength, IB)以及吸水厚度膨胀率(thickness expansion rate of water absorbing, TS)等。

1) 静曲强度

静曲强度决定了包装制品抵抗弯曲外力而不被破坏的最大能力,而纤维自身强度与纤维间的结合强度决定了包装制品的力学强度。此项指标可在万能材料试验机上测试出来,其计算公式如下:

$$\sigma_b = (3 \times P_{\max} \times d) / (2 \times b \times h^2) \quad (1)$$

式中: σ_b 为静曲强度; P_{\max} 为试样破坏时的最大载荷; d 为两支座间的距离; b 为试样宽度; h 为试样厚度。

2) 吸水厚度膨胀率

吸水厚度膨胀率是指包装制品在经吸水处理一定时间后,其厚度与吸水前厚度的比值。吸水厚度膨胀率越大,表明材料在吸水后的强度下降越快,弯曲

变形程度越大。按照GB/T4897—1992《刨花板》的要求裁取试样,用游标卡尺测量试样的厚度,取平均值 h_0 ; 将试样垂直放入10℃以上的水中,水面高出试样20 mm,经过24 h后,取出试样,用拧干的湿毛巾擦掉试样表面的水,再次用游标卡尺测量同一位置的厚度,取平均值 h_1 。样品吸水厚度膨胀率的计算公式为

$$C\% = (h_0 - h_1) / h_0 \times 100\% \quad (2)$$

3) 内结合强度

内结合强度表示包装制品内部杨木纤维之间的结合强度。内结合强度越大,表明包装制品抵抗因温度变化而引起弯曲变形的能力越强。试样尺寸为:长 $l = (50 \pm 1)$ mm; 宽 $b = (50 \pm 1)$ mm。测试前,将试样在温度为 (20 ± 2) ℃、相对湿度为 $(65 \pm 5)\%$ 的条件下放置至质量恒定。按照GB/T4897—1992中的要求,用聚乙烯酯乳胶或热熔胶等胶黏剂将质量恒定后的制品试样与卡头粘贴在一起,并再次放置在温度为 (20 ± 2) ℃、相对湿度为 $(65 \pm 5)\%$ 的条件下固化,待胶结牢固后进行检测。测试时应均匀施加载荷,从施加载荷开始在 (60 ± 30) s内使试样被破坏,记录最大载荷值,精确至10 N。样品的内结合强度计算公式如下:

$$\sigma_{\perp} = P_{\max} / (l \times b) \quad (3)$$

式中: σ_{\perp} 为试件内结合强度,MPa; P_{\max} 为试件破坏时最大载荷, N; l 为试件长度, mm。

2 结果与分析

2.1 正交试验结果

试验所得以速生杨木材加工剩余物制备的代木包装材料的物理机械性能测试结果见表4。

表4 正交试验结果
Table 4 Orthogonal test results

试验号	因素				物理机械性能			
	施胶量/%	温度/℃	时间/min	压力/MPa	静曲强度/MPa	内结合强度/MPa	吸水厚度膨胀率/%	密度/(g·cm ⁻³)
1	10	100~105	5	5	11.2	1.43	7.3	0.682
2	10	120~125	10	8	12.8	1.51	7.1	0.689
3	10	140~145	15	10	14.7	1.57	6.8	0.758
4	15	100~105	10	10	29.7	1.72	4.2	0.681
5	15	120~125	15	5	19.4	1.64	5.6	0.723
6	15	140~145	5	8	24.8	1.83	4.8	0.902
7	20	100~105	15	8	16.2	1.69	5.4	0.777
8	20	120~125	5	10	19.1	1.74	5.3	0.725
9	20	140~145	10	5	16.2	1.68	6.9	0.961

分析表4中的数据可知,各影响因素组合下所得代木包装材料的机械性能差异较大,静曲强度的

变化范围为11.2~29.7 MPa;内结合强度的变化范围为1.43~1.83 MPa;吸水厚度膨胀率的变化范围为

4.2%~7.3% ;密度变化范围为0.681~0.961 g/cm³,与设计密度0.75 g/cm³接近。

2.2 热压工艺对代木包装材料物理机械性能的影响

2.2.1 包装制品静曲强度和吸水厚度膨胀率的影响因素分析

热压过程中,各热压工艺参数对包装制品静曲强度和吸水厚度膨胀率影响的极差分析结果分别见表5和6。

表5 静曲强度极差分析结果

因素水平	温度	时间	压力	施胶量
1	51.3(T1)	55.1(M1)	46.8(P1)	38.7(S1)
2	55.7(T2)	58.7(M2)	53.8(P2)	73.9(S2)
3	57.1(T3)	50.3(M3)	63.5(P3)	51.5(S3)
R	5.8	8.4	16.7	35.2

表6 吸水厚度膨胀率极差分析结果

因素水平	温度	时间	压力	施胶量
1	18.0(T1)	19.3(M1)	17.3(P1)	20.2(S1)
2	16.9(T2)	18.1(M2)	21.9(P2)	13.6(S2)
3	20.3(T3)	15.3(M3)	16.3(P3)	17.6(S3)
R	3.4	4.0	5.6	6.6

由表5和6中极差分析结果可知,对于材料的静曲强度和吸水厚度膨胀率而言,各影响因素的极差大小依次为施胶量>热压压力>热压时间>热压温度。

1) 热压温度

热压工艺参数中,热压温度的高低对包装制品力学性能的影响较大。热压过程中,加热主要有两方面的作用^[12-13]:一是在板坯含水率一定的情况下,提高温度可以显著改善木材的塑性,使板坯在较小压力下就能很快地被压实,便于控制板材厚度和密度;二是可以促使胶黏剂快速固化。升高温度可使胶黏剂在预设时间内迅速固化,缩短热压时间,同时也增加了胶黏剂的流动性,使得胶黏剂分布更加均匀。但当温度过高时,在达到预设压力值之前,外层胶已开始固化,易形成结构较疏松的固化层,该层强度较低;同时,高温也可使杨木纤维自身含有的胶黏剂发生降解,降低其强度;另外,热压温度过高还会使制品表面产生焦化现象,造成制品吸水能力上升,其所含木质素在高温下会发生脱水缩合反应,使得包装制品的吸水能力上升,从而增大材料的吸水厚度膨胀率。因此,热压温度过高会降低包装制品的静曲强度,增大吸水厚度膨胀率。相反,温度过低会使得纤维内部的木质素不能充分熔融,发挥不了木质素的胶合作用^[14],由于杨木纤维比较粗糙,在低温条件下很难较好地交织结合。

分析表5中的数据可知:随着温度的升高,所得包装制品的静曲强度发生不同变化。当热压温度在100~125℃时,制品的静曲强度变化较大,约增加了4.4 MPa;但热压温度在125~145℃时,制品的静曲强度变化较慢,仅约增加了1.4 MPa,这一结果说明,温度过高会降低包装制品静曲强度的增幅。观察包装制品的横截面,可将其分为3层:外层为比较疏松的固化层;芯层为粗糙层,该层的密度相对较小;在固化层和芯层之间是密度较大的致密层。合适的热压温度会使得包装制品表面形成预固化层,可降低制品的吸水厚度膨胀率。故在一定的热压温度范围内,包装制品的吸水厚度膨胀率有所下降;但当热压温度过高时,其吸水厚度膨胀率急速上升。从表6中吸水厚度膨胀率数据可发现,其在T2时最低,仅16.9%,即热压温度为120~125℃时,所得制品的吸水厚度膨胀率最低,弯曲变形程度越大。

综合以上分析,就制品的静曲强度和吸水厚度膨胀率而言,模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中,较佳的热压温度应选择120~125℃。

2) 热压时间

将杨木纤维和胶黏剂混合物铺装在模具中形成板坯,其含水率主要来自如下3个方面:首先,杨木纤维并不是绝干料,其本身不仅含有自由水,且杨木纤维本身含结合水的比例也较高;第二,板坯使用的胶黏剂含水率为45%~50%;第三,来自胶黏剂固化时因缩聚反应产生的水。这3个方面的含水率使得板坯整体的含水率超过了15%~20%。含水率过高,会使得板坯在热压过程中产生大量的水蒸气,没有抽真空操作时,水蒸气向外扩散会引起包装制品表面产生鼓包和分层现象。为了解决上述问题,需要适当地延长热压时间。与此同时,含水率过高会使胶黏剂的固化时间延长。但热压时间延长会直接影响包装制品的生产周期,缩短热压时间对提高生产效率有较大意义。

试验过程中发现,热压时间的长短直接影响着包装制品静曲强度的大小。如当热压温度为140~145℃、热压时间为15 min时,包装制品的静曲强度急速降低。其原因为:在同一热压温度时,热压时间越长,包装制品表面的焦化现象越明显,胶黏剂降解催化现象也越明显,最终导致包装制品的静曲强度下降;同时,板坯中胶黏剂得到充分固化,水分渗入纤维中比较困难,使得包装制品吸水厚度膨胀率降低。而当热压时间较短时,板坯内部没能达到要求温度,纤维中的木质素没有充分融合,因而使得包装制品静曲强度下降^[15]。

分析表5中的数据可知：在一定范围内，包装制品的静曲强度随热压时间的延长而升高，但是当热压时间高于这一范围时，材料的静曲强度反而降低；而由表6中的数据可知，包装制品吸水厚度膨胀率随热压时间的变化规律与此相反，即随着热压时间的延长，包装制品吸水厚度膨胀率快速下降，但是当热压时间超出这一范围时，材料的吸水厚度膨胀率反而升高。比较表5中的数据发现，二者出现转折的时间在M2处，即模压时间为10 min。

综合以上分析，就制品的静曲强度和吸水厚度膨胀率而言，模压杨木代木包装材料热压工艺中，较佳的热压时间为10 min。

3) 热压压力

在热压过程中，对板坯施加一定压力，主要是为了克服板坯的反弹力，排出板坯内部空气，使杨木纤维之间在紧密接触的情况下胶合，从而达到较高的结合强度；此外，一定的热压压力可以使纤维之间结合更加紧密，增强胶黏剂的流动性，使纤维之间胶合及自身胶结更好，有利于降低包装制品的吸水厚度膨胀率。提高初期的热压压力，可以使包装制品表芯层密度梯度增加，提高其静曲强度。增加压力会使得杨木纤维之间的间隙变小，胶合面积增加，有利于杨木纤维之间胶合且降低包装制品的吸水厚度膨胀率。但压力过大会使包装制品压溃，从而降低包装制品的静曲强度。

分析表5中的数据可知：随着热压压力的增大，包装制品的静曲强度也呈上升趋势，这主要是因为压力增大使得杨木纤维之间的间隙变小、胶合面积增加，从而增大了包装制品的静曲强度。

而由表6中的数据可知，随着热压压力的增大，包装制品的吸水厚度膨胀率先减小后增大，在P2处，即压力为10 MPa时出现转折。但压力超过10 MPa后，制品的吸水厚度膨胀率反而降低，这是因为随着热压压力的增大，板坯被压实，杨木纤维之间的交织结合紧密，导致包装制品的吸水厚度膨胀率下降。

综合以上分析，就制品的静曲强度和吸水厚度膨胀率而言，模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中，较佳的热压压力为10 MPa。

4) 施胶量

在包装材料的成型过程中，胶黏剂起着至关重要的作用，但不是施胶量越大越好。因为胶黏剂在一定温度下具有胶黏作用，但当温度过高时会发生脆化现象。

由表5中的数据可知，随着施胶量的增加，所得包装制品的静曲强度上升，吸水厚度膨胀率下降，但

当施胶量过高时，其静曲强度反而降低，吸水厚度膨胀率增大。这是因为：施胶量过大，杨木纤维之间胶合更加致密，但胶黏剂脆化现象造成了静曲强度降低。

由表5和表6中的数据可知，所得制品的静曲强度和吸水厚度膨胀率均在S2处出现转折，故就制品的静曲强度和吸水厚度膨胀率而言，模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中，较佳的胶黏剂添加质量分数为10%。

综合上述4因素对包装制品静曲强度和吸水厚度膨胀率影响分析及表5和6中极差分析结果可以得知，施胶量对制品静曲强度和吸水厚度膨胀率的影响最大。因此，就制品的静曲强度和吸水厚度膨胀率而言，模压杨木加工剩余物代木包装材料的最佳制备工艺条件如下：热压温度为120~125℃，热压时间为10 min，热压压力为10 MPa，胶黏剂的添加质量分数为10%。

2.2.2 包装制品内结合强度的影响因素分析

热压过程中各热压工艺参数对包装制品内结合强度影响极差分析结果见表7。

表7 内结合强度极差分析结果

因素水平	热压温度	热压时间	热压压力	施胶量
1	4.84	4.90	4.75	4.51
2	4.89	4.99	5.13	5.19
3	5.08	5.01	5.03	5.11
R	0.24	0.11	0.38	0.68

由表7中极差分析结果可知，对于材料的内结合强度而言，各影响因素的极差大小依次为施胶量>热压压力>热压温度>热压时间。

1) 热压温度

包装制品内结合强度的强弱主要取决于两方面因素：一是热压温度的高低，二是包装制品内部杨木纤维之间交织结合能力的大小。其中，热压温度过高会使包装制品表面迅速固化，甚至出现表面焦化现象，同时包装制品表面的胶黏剂发生降解而失去作用。但热压温度过高时其内部温度却没有快速升高，内部没完全结合，胶黏剂没有发挥应有作用，因而会使包装制品的内结合强度降低。热压温度过低时，热压周期会延长，包装制品内部温度同样达不到材料自胶合的目的，导致包装制品内结合强度下降。

分析表7中的数据可知：随着热压温度升高，包装制品的内结合强度呈上升趋势，主要是因为热压温度的升高使得板坯内部温度上升，杨木纤维自身所含胶黏剂产生胶合作用，包装制品内结合强度增

加。但包装制品的表面结合强度会下降,因为包装制品表面因温度过高而发生了焦化或胶黏剂降解。因此,模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中,较佳的热压温度为120~125℃。

2) 热压时间

分析表7中数据可知:其极差最小,表明热压时间对包装制品内结合强度的影响相对较小,过短的热压时间会使热压温度不能充分传至板坯内部,杨木纤维之间不能较好交织结合,故热压时间为5 min时有较低的内结合强度,而为10 min和15 min时,包装制品的内结合强度差别不大。因此,模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中,就包装制品内结合强度而言,较佳的热压时间为10 min。

3) 热压压力

热压压力对控制板坯在热压过程中的回弹力具有重要意义。较大的热压压力可以使包装制品的密度增大、制品内部杨木纤维间的交织结合加强,从而增强包装制品的内结合强度。但是过大的热压压力会使得板坯压溃,反而会降低包装制品静曲强度和内结合强度。因此,合理地选择热压压力具有重要的意义。分析表7中的数据可以得知:在一定范围内,即热压压力为5~8 MPa范围内,随着热压压力的增大,包装制品的内结合强度增加;但热压压力过大时,即热压压力超过5 MPa后,随着热压压力的增大,包装制品的内结合强度反而会有所降低。因此,模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中,就内结合强度而言,热压工艺中较佳的热压压力应选择8 MPa。

4) 施胶量

在制品成型过程中,施胶量对其内结合强度影响较大。纤维之间的交织结合主要是依靠胶黏剂的作用,其次是纤维自身所含成分之间产生化学反应而交织结合。分析表7中的数据可知各因素中,施胶量的极差最大,表明其对材料的内结合强度影响最大;且随着施胶量的增加,当胶黏剂的添加质量分数为8%~10%时,制品的内结合强度随之升高,但施胶量超过一定范围后,其内结合强度反而下降。因此,模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中,就内结合强度而言,热压工艺中的较佳施胶量,即胶黏剂的添加质量分数应选择10%。

综合上述各因素对包装制品内结合强度影响分析得知,模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中,就内结合强度而言较佳的工艺条件如下:热压温度为120~125℃,热压时间为10 min,热压压力为8 MPa,胶黏剂的添加质量分数为10%。

2.3 样品表征

根据热压工艺对材料力学性能的影响结果,确定了模压杨木加工剩余物代木包装材料热压工艺中较佳的工艺条件如下:热压温度为120~125℃,热压时间为10 min,热压压力为8 MPa,胶黏剂的添加质量分数为10%。在此工艺条件下制备了代木包装样品,如图1所示,并对其物理性能进行了测试,所得测试结果与标准要求数据见表8。

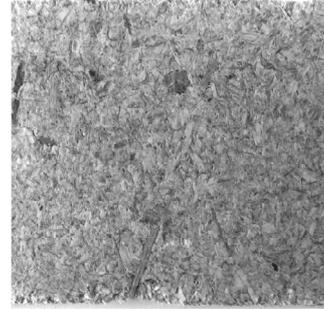


图1 代木包装样品

Fig. 1 The test material of wood substitute packaging material

表8 环保代木包装材料试样性能比较
Table 8 Performance comparison of green wood substitute packaging materials

材料	静曲强度 / MPa	内结合强度 / MPa	吸水厚度膨胀率 / %	密度 / (g · cm ⁻³)
制品	17.7	1.61	6.1	0.73
标准	≥ 16.0	≥ 0.40	≤ 8.0	0.75

对比表8中所得制品测试数据和标准给定数据可知,所制备的代木包装材料的各项物理机械性能均能满足国家标准(GB/T4897—1992)A类刨花板一等品的物理力学性能要求,即达到绿色环保包装材料的要求。

3 结论

1) 根据对所制备的代木包装制品的物理机械性能分析,结合工艺过程的一些特点与要求,得出制备代木包装材料的较佳工艺参数如下:热压温度为120~125℃,热压时间为10 min,热压压力为10 MPa,胶黏剂的添加质量分数为10%。

2) 热压工艺参数中,热压温度、热压时间和热压压力三者关系较为紧密,相互制约。适当增加热压温度或热压压力时,热压时间减小,对节约能源资源有较大作用。在上述热压工艺参数条件下,制备的代木包装材料的静曲强度、内结合强度、吸水厚度膨胀率、密度分别为17.7 MPa、1.61 MPa、6.1%、0.73 g/cm³。所制备代木包装材料的各项物理机械性

能均满足国家标准(GB/T4897—1992D) A类刨花板一等品的物理力学性能要求,即达到绿色环保包装材料的要求。

3)为减少或防止包装制品出现分层或鼓包现象,热压时杨木纤维材料的含水率应控制在7%~12%左右,热压过程采取二次加压的方式,在正式热压前需预压板坯。

参考文献:

- [1] 张方文,于文吉.木质包装材料的发展现状和前景展望[J].包装工程,2007,28(2):28.
ZHANG Fangwen, YU Wenji. Current Status and Development of Wood-Based Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(2): 28.
- [2] 苟进胜,方健,蔡静蕊,等.包装行业用秸秆刨花板的研制[J].包装工程,2013,34(23):23.
GOU Jinsheng, FANG Jian, CAI Jingrui, et al. Development of Straw Particleboard for Packaging Industry[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(23): 23.
- [3] 王宏棣,何金存.人工林杨木木材强化研究发展现状及趋势[J].林业机械与木工设备,2008,36(11):13-14,17.
WANG Hongdi, HE Jincun. Development Status and Trend of the Wood Strengthening Study on Plantation Grown Poplar[J]. Forestry Machinery and Woodworking Equipment, 2008, 36(11): 13-14, 17.
- [4] WALTHER T, THEOMEN H. Synchrotron X-Ray Microtomography and 3D Image Analysis of Medium Density Fiberboard (MDF)[J]. Holzforschung, 2009, 63(5): 581-587.
- [5] FAESSEL M, DELISÉE, BOS F, et al. 3D Modeling of Random Cellulosic Fibrous Networks Based on X-Ray Tomography and Image Analysis[J]. Composites Science & Technology, 2005, 65(13): 1931-1940.
- [6] Dai C, Yu C. Heat and Mass Transfer in Wood Composite Panels During Hot-Pressing: Part I. A Physical-Mathematical Model[J]. Wood and Fiberence, 2004, 36(4): 585-597.
- [7] 祁桂兰,肖生苓.利用木质剩余物和向日葵秸秆制作外包装材料的研制[J].森林工程,2011,27(4):6.
QI Guilán, XIAO Shengling. Research on Outer Packaging Materials Made of Wood Residues and Sunflower Stalks[J]. Forest Engineering, 2011, 27(4): 6.
- [8] 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 Shibao. Experimental Investigation of Edgewise Compression Properties of High-Strength Composite Corrugated Cardboard[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19): 62-65.
- [9] 周兆,曹建春,汤佩钊,等.蔗渣包装制品模压工艺与性能分析[J].包装工程,2001,22(5):15-16.
ZHOU Zhao, CAO Jianchun, TANG Peizhao, et al. Analysis of Properties and Technology of Molding Bagasse Packaging Manufacturer[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(5): 15-16.
- [10] 林利民,由昌久,杨玲.单板类人造板热压过程传热速度的研究[J].林业科技,2004,29(4):32-35.
LIN Limin, YOU Changjiu, YANG Ling. Study on the Hot-Transfer Rate in Hot-Pressing of Veneer Panel[J]. Forestry Science and Technology, 2004, 29(4): 32-35.
- [11] 张云秀,关小平.异型模压包装材料弹性模量的构成和刨花形态分析[J].包装工程,2012,33(9):41.
ZHANG Yunxiu, GUAN Xiaoping. Analysis on Composing of Elastic Modulus of Heterotype Molded Packaging Material and Shaving Shape[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 41.
- [12] 梅长彤.刨花板制造学[M].北京:中国林业出版社,2012:94-95.
MEI Changtong. Particle Board Manufacturing Science[M]. Beijing: China Forestry Press, 2012: 94-95.
- [13] 谢力生,赵仁杰,张齐生.胶粘剂对纤维板热压传热的影响[J].木材工业,2003,17(2):15-16.
XIE Lisheng, ZHAO Renjie, ZHANG Qisheng. The Influence of Adhesive on Heat-Conduction During Fiberboard Hot-Pressing[J]. China Wood Industry, 2003, 17(2): 15-16.
- [14] 向仕龙,李远幸.干法蔗渣中密度纤维板热压工艺的研究[J].木材工业,1995,3(2):5-7.
XIANG Shilong, LI Yuanxing. Research on Dry Bagasse-MDF Pressing Technology[J]. China Forest Products Industry, 1995, 3(2): 5-7.
- [15] 顾继友,胡英成,朱丽滨.人造板生产技术与应用[M].北京:化学工业出版社,2009:249-251.
GU Jiyou, HU Yingcheng, ZHU Libin. Artificial Board Technology and Application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 249-251.

(责任编辑:廖友媛)