

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.01.010

用废纸与木片制备复合包装材料的热压工艺研究

罗 丽¹, 赵 峰², 刘 悦³, 计宏伟²

(1. 哈尔滨庆缘电工材料股份有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150040;

2. 天津商业大学 机械工程学院, 天津 300134;

3. 哈尔滨商业大学 轻工学院, 黑龙江 哈尔滨 150028)

摘 要: 热压温度与热压时间是热压工艺的主要参数, 是影响废纸-木材复合材料物理力学性能的重要因素。为了获得较好的热压工艺条件, 以杨木刨花为原料, 废纸为补充原料, 异氰酸酯改性的脲醛树脂为胶黏剂, 生产了废纸-木材复合材料, 并测试了热压温度与热压时间对废纸-木材复合材料物理力学性能的影响。试验结果表明: 随着热压时间的延长, 废纸-木材复合材料的物理力学性能相应地提高; 在 140~170 °C 的热压温度范围内, 升高热压温度有助于提高废纸-木材复合材料的物理力学性能。废纸-木材复合材料较适宜的热压工艺条件为: 热压时间为每 mm 板厚 30 s, 热压温度为 170 °C。

关键词: 废纸-木材复合材料; 改性脲醛树脂; 热压工艺

中图分类号: TQ351.08

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2014)01-0044-04

Study of Hot Pressing Process for Composite Packaging Material Made from Waste Paper and Wood

Luo Li¹, Zhao Feng², Liu Yue³, Ji Hongwei²

(1. Harbin Qingyuan Electrical Engineering Material Corporation, Harbin 150040, China;

2. College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China ;

3. College of Light Industrial Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

Abstract: As important factors influencing the physical and mechanical properties of waste paper/wood composites, hot pressing temperature and time are the principal parameters of hot press process. To attain better hot pressing process conditions, waste paper/wood composites were produced with poplar shaving as raw material, waste paper as supplement, and isocyanate modified urea formaldehyde as adhesive resin. The effects of hot pressing temperature and time on the physical and mechanical properties of waste paper/wood composites were tested. The results showed that as hot pressing time increased, the physical and mechanical properties of waste paper/wood composites improved. In the range of 140~170 °C, increasing hot pressing temperature helped enhance the physical and mechanical properties of waste paper/wood composites. The appropriate hot pressing process condition for the waste paper/wood composite was 30 s per mm board thickness and 170 °C hot pressing temperature.

Key words: waste paper/wood composite; isocyanate modified resin system; hot pressing

收稿日期: 2013-10-20

作者简介: 罗 丽(1960-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 哈尔滨庆缘电工材料股份有限公司工程师, 主要从事化学工程方面的研究, E-mail: luolihrb@sina.com

0 引言

我国的木材资源极其贫乏,每年木材缺口达几百万立方米,并且随着经济的发展,缺口越来越大。缓解木材供需紧缺的局面,仅靠木材加工本身解决是难以实现的,而且用天然木材加工成大幅面的层板,边角碎料多,成本较高^[1-2]。

随着经济的发展和造纸技术的进步,世界范围内纸制品的产量和消费量逐年提高,相应地,所产生的废纸(二次纤维)数量也越来越多。并且,环保意识日益深入人心,民众日益重视废纸的回用。二次纤维具有来源广泛、成本低廉的特点^[3]。利用废纸制造刨花板可以减少原生纤维资源及能源的使用,减少森林消耗,是维持生态平衡、减轻环境污染的一项重要而有效的措施。

传统的酚醛树脂和脲醛树脂对非木质原料的胶接强度较低,而异氰酸酯(polydiphenylmethane diisocyanate, PMDI)对非木质刨花板的胶合效果较为显著^[4-7],因此近年来利用异氰酸酯生产非木质人造板已成为世界范围内的研究热点。与传统的木材胶黏剂相比,异氰酸酯具有如下独特特点:固化速度快,不含甲醛,耐候性优异,耐水性较强,胶合强度高。但是异氰酸酯的价格昂贵,无法在我国人造板行业推广使用。为了提高胶黏剂的胶合强度,并且不增加生产成本,一些学者致力于利用异氰酸酯对脲醛树脂进行改性方面的研究。已有成果表明,利用异氰酸酯改性脲醛树脂胶黏剂生产的非木质刨花板的物理力学性能得到了显著提高^[8-11]。

由于废纸在结构、形态和化学组成等方面与木材存在着较大的差异,这些差异会对刨花板的制造产生影响,所以应按照废纸纤维的特性制定相应的工艺条件。本研究以废纸与木片的混合物为原料,利用异氰酸酯改性的脲醛树脂制备纸-木复合板,考察热压工艺条件对纸-木复合板性能的影响,改善复合材料的生产工艺,以期对纸-木复合材料的工业化生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

杨木刨花:购自天津市复兴木业有限公司。

废纸:选用天津日报出版社出版的《天津日报》若干份。

胶黏剂:异氰酸酯(PMDI),购自烟台万华聚氨酯有限公司,其固体物质量分数为100%。

液态脲醛树脂胶(urea-formaldehyde resins, UF):

购自天津市复兴木业有限公司,其固体物质量分数为60%,黏度为160 mPa·s,其固化剂为质量浓度为25%的NH₄Cl水溶液,施加量为树脂总质量的2%。

改性胶黏剂:按PMDI与UF的质量之比为3:4制备,且其施加量为材料总质量的7%。

1.2 试验方法

1)首先,用切纸机将试验用废纸切成5 mm × 50 mm的纸片,然后将废纸片与木质刨花按1:1的质量之比进行混合、搅拌。

2)将混合后的物料在干燥烘箱中烘干,直至水的质量分数为10%,然后放入拌胶机中,与胶黏剂混合,利用规格为380 mm × 360 mm的不锈钢模具将物料手工铺装成板材坯料,然后在热压机中压制刨花板,板材厚度为10 mm。压制完成后,将刨花板置于实验室中冷却至室温。

3)将板材在温度为20 ℃、相对湿度为60%的环境下放置7 d后,用装有60目砂纸的砂光机对板材进行表面砂光,再用圆锯机对板材进行切边,并锯切成标准规格的试样。

4)最后,按照GB/T 4897—1992《刨花板》中的相应要求,测试制备的复合板材的静曲强度、内结合强度以及吸水厚度膨胀率等性能指标。

2 结果与分析

2.1 热压温度对纸-木复合板性能的影响

热压温度是热压工艺中的主要参数之一,是影响废纸-木材复合材料物理力学性能的一个重要因素。本试验主要考察在名义密度为0.80 g/m³,每mm板厚热压时间为30 s,热压温度变化范围为140~180 ℃的条件下,废纸-木复合板物理力学性能的变化规律。表1列出了试验所得结果。

表1 热压温度对纸-木复合板性能的影响

Table 1 Effects of hot pressing temperature on properties of waste paper/wood composites

热压温度 / ℃	静曲强度 / MPa	内结合强度 / MPa	2 h 吸水厚度 膨胀率 /%
140	13.9	0.32	9.3
150	15.1	0.34	8.7
160	15.4	0.37	8.4
170	15.7	0.40	7.9
180	14.6	0.36	8.1

由表1中可以看出,热压温度对复合板的静曲强度存在着显著的影响。随着热压温度的不断升高,复合板的静曲强度先上升后下降。在140~170 ℃的热压温度下,复合板的静曲强度随温度的升高而不断增大。这是由于随着热压温度的提高,胶黏剂的固化

反应进展顺利,胶黏剂对板材内部的结构要素所形成的胶合作用增强,因此改善了板坯的胶合强度,使得板坯的静曲强度提高。当热压温度从150℃提高到160℃,再从160℃提高到170℃时,板材静曲强度的提高幅度减缓,明显小于从140℃提高到150℃时的增幅。这说明在150℃的温度条件下,胶黏剂的固化反应已经基本完成,再提高热压温度,效果不明显。经测试,160℃和170℃的热压温度下制得的板材的静曲强度均达到了国家标准的要求,且170℃热压温度下制得的板材的静曲强度最高。此后,随着热压温度的进一步升高,板材的静曲强度反而下降。这可能是因为温度过高,刨花发生降解反应,导致了板材的静曲强度下降。

由表1中还可以看出,热压温度对复合板材的内结合强度影响效果显著,其变化趋势与热压温度对复合板材静曲强度的影响一致,但变化幅度有所变化。在140~170℃的热压温度下,复合板的内结合强度随热压温度的升高而不断上升。在150℃热压温度条件下制作的板材的内结合强度比140℃热压温度条件下的提高了约6%;当热压温度提高到160℃时,复合板材的内结合强度比150℃下的提高了约9%;当热压温度提高到170℃时,复合板材的内结合强度比160℃下的提高了约8%。这是由于提高热压温度有利于改善胶液的分布与缩聚反应的发生,有利于增加刨花彼此间的结合力,因而提高了板材的内结合强度。经检测,热压温度为160℃和170℃条件下所制备的废纸-木复合板的内结合强度均达到国家标准规定的要求。

从表1中还可以看出,纸-木复合板的2h吸水厚度膨胀率随着热压温度的上升而呈现出先减小后增大的变化趋势。这是由于随着热压温度的升高,胶黏剂的固化反应进展顺利,胶黏剂对板材内部的结构要素所形成的胶合作用增强,因此改善了板坯的胶合强度,使板坯吸收水分的能力下降,进而造成形变量减少。在150~180℃的热压温度范围内,复合板材的2h吸水厚度膨胀率均符合国家标准的规定,且板材的2h吸水厚度膨胀率在170℃时最低。

2.2 热压时间对纸-木复合板的影响

热压时间也是热压工艺中的主要参数之一,是影响纸-木复合材料物理力学性能的一个重要因素。因此,本研究也考察了热压时间对纸-木复合板的性能的影响。根据预备实验的结果,并借鉴其他学者的研究报告^[3-7],本试验条件确定为:0.80 g/m³的复合板密度,160℃的热压温度,每mm板厚20~60s的热压时间。试验所得结果见表2。

表2 热压时间对纸-木材复合板性能的影响

Table 2 Effects of hot pressing time on properties of waste paper/wood composites

每 mm 板厚 热压时间 /s	静曲强度 / MPa	内结合强度 / MPa	2 h 吸水厚度 膨胀率 /%
20	13.8	0.32	8.3
30	14.6	0.34	6.9
40	15.4	0.37	6.7
50	16.3	0.39	6.4
60	16.7	0.42	5.1

表2的数据表明,在研究范围内,静曲强度随着热压时间的增加而上升。当热压时间从每mm板厚20s增加到30s时,复合板的静曲强度由13.8 MPa提高到14.6 MPa,约提高了6%;当热压时间增加到每mm板厚40s时,复合板的静曲强度由14.6 MPa提高到15.4 MPa,约提高了5%。同样的,当热压时间在每mm板厚40~60s范围内递增时,复合板静曲强度的上升幅度趋缓。这表明在每mm板厚30~60s的热压时间范围内,热压时间的增加对复合板静曲强度的影响不如从每mm板厚20s增加到30s显著。这是因为若热压时间不足,则胶黏剂的缩聚反应不充分,板材容易开裂。如果热压时间延长到使板材内部温度达到胶黏剂的缩聚反应所需要的温度时,胶黏剂的缩聚反应可顺利进行,因此可提高板材的静曲强度。经测试,在每mm板厚30s和40s的热压时间下,所制备的纸-木复合板的静曲强度达到国家标准规定的要求。

从表2可以看出,热压时间对复合材料内结合强度的影响效果显著。当热压时间从每mm板厚20s增加到30s时,复合板的内结合强度由0.32 MPa提高到0.34 MPa,约提高了6%;当热压时间增加到每mm板厚40s时,复合板的内结合强度由0.34 MPa提高到0.37 MPa,约提高了9%。这一结果表明,在热压时间为每mm板厚20~40s范围内,热压时间的变化对内结合强度的影响效果显著。内结合强度是刨花板最重要的力学性能指标,且其主要取决于复合板的芯层胶合状况。内结合强度随着热压时间的增加而相应地提高,这是因为热压时间的延长使整个板坯受热均匀而充分,从而有利于完成胶黏剂的固化反应,使刨花之间胶接界面的结合更牢固,提高了板的内结合强度。当热压时间在每mm板厚40~60s范围内递增时,板的内结合强度的上升幅度趋缓。热压时间为每mm板厚30s时,复合板材的内结合强度即已达到国家标准的要求。

吸水厚度膨胀率是衡量板材耐水性能的指标,从表2可以看出,吸水厚度膨胀率随着热压时间的增

加而相应地降低。当热压时间从每 mm 板厚 20 s 增加到 30 s 时,复合板的 2 h 吸水厚度膨胀率由 8.3% 降低到 6.9%,约降低了 20%;当热压时间从每 mm 板厚 30 s 增加到 40 s 时,复合板的吸水厚度膨胀率由 6.9% 降低到 6.7%,约降低了 3%,降低幅度趋缓。同样,当热压时间在每 mm 板厚 40~60 s 的范围内递增时,复合板的 2 h 吸水厚度膨胀率的降低幅度变缓。这是因为热压时间的增加使胶黏剂的固化充分,刨花之间结合紧密,内部空隙变小,水分难以进入其内部,并且水分在板内部的扩散速度变慢造成的。再延长热压时间对降低板材的吸水厚度膨胀率效果不明显。热压时间在每 mm 板厚 30~60 s 的范围内制作的板材的耐水性能均达到国家标准一级品的要求。

3 结论

纸-木复合板的强度和尺寸稳定性均受热压温度和热压时间的影响。

1) 在本试验条件下,纸-木复合板的强度和尺寸稳定性均随着热压温度的上升而得到了改善。在 150 °C 和 160 °C 的制板温度下,纸-木复合板的强度和尺寸稳定性均符合国家标准的规定,可用于生产合格的板材。

2) 随着热压时间的延长,纸-木复合材料的性能均相应提高。当热压温度为 150 °C,板材密度为 0.80 g/m³ 时,热压时间为每 mm 板厚 30 s 的板材即达到国家标准的要求。

3) 为提高热压效率,对于密度为 0.80 g/m³ 的废纸-木材复合材料,较为适宜的热压工艺条件为:每 mm 板厚 30 s 的热压时间以及 160 °C 的热压温度。此条件下,纸-木复合板的强度和尺寸稳定性均符合国家标准的规定。

参考文献:

- [1] 罗 鹏,杨传民,计宏伟.热压工艺对稻壳-木材复合材料性能影响的研究[J].林业科技,2005,30(6):36-39.
Luo Peng, Yang Chuanmin, Ji Hongwei. Effects of Hot Press on Rice Husk/Wood Composites[J]. Forestry Science & Technology, 2005, 30(6): 36-39.
- [2] 罗 鹏,杨传民,滕立军.改性脲醛树脂胶低密度稻壳-木材复合材料制造工艺的研究[J].林产工业,2005,32(6):19-22.
Luo Peng, Yang Chuanmin, Teng Lijun. Study of Low-Density Rice Husk/Wood Composites Bonded with Isocyanate Modified Urea Formaldehyde Resin[J]. China Forest Products Industry, 2005, 32(6): 19-22.
- [3] 张春红,王荣华,孙可伟.废纸在材料领域中的再利用研究进展[J].材料导报,2008,22(1):62-64.
Zhang Chunhong, Wang Ronghua, Sun Kewei. Development of Utilization of Waste Paper in Material Field [J]. Materials Review, 2008, 22(1): 62-64.
- [4] Ashori A. Municipal Solid Waste as a Source of Lignocellulosic Fiber and Plastics for Composite Industries[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2008, 47(8): 741-744.
- [5] Balasuriya P W, Ye L, Mai Y W. Mechanical Properties of Wood Flake Polyethylene Composites. Part I: Effects of Processing Methods and Matrix Melt Flow Behavior[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2001, 32(5): 619-629.
- [6] Demir H, Atikler U, Balköse D, et al. The Effect of Fiber Surface Treatments on the Tensile and Water Sorption Properties of Polypropylene-Luffa Fiber Composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2006, 37(3): 447-456.
- [7] Gorokhovskiy A V, Escalante-Garcia J I, Gashnikova G Y, et al. Composite Materials Based on Wastes of Flat Glass Processing[J]. Waste Management, 2005, 25(7): 733-736.
- [8] Maldas D, Kokta B V, Daneault C. Thermoplastic Composites of Polystyrene: Effect of Different Wood Species on Mechanical Properties[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1989, 38(3): 413-439.
- [9] Ndazi B, Tesha J V, Bisanda E T N. Some Opportunities and Challenges of Producing Bio-Composites from Non-Wood Residues[J]. Journal of Materials Science, 2006, 41(2): 6984-6990.
- [10] Nourbakhsh A, Ashori A. Preparation and Properties of Wood Plastic Composites Made of Recycled High-Density Polyethylene[J]. Journal of Composite Materials, 2009, 43(8): 877-883.
- [11] Sameni J K, Ahmad S H, Zakaria Z. Effects of Processing Parameters and Graft-Copoly(Propylene/Maleic Anhydride) on Mechanical Properties of Thermoplastic Natural Rubber Composites Reinforced with Wood Fibers[J]. Plastics, Rubber and Composites, 2002, 31(4): 162-166.

(责任编辑:廖友媛)

