

纸片规格和添加量对木/纸复合刨花板性能的影响

陈瑞建^{1,2}, 章伟伟¹, 关丽涛¹, 林卫东², 胡传双¹

(1. 华南农业大学材料与能源学院, 广东广州 510642; 2. 广东始兴县华洲木业有限公司, 广东韶关 512500)

摘要: 为提高废纸资源的利用率和附加值, 用三种不同规格的废纸片与木材刨花混合制备木/纸复合刨花板, 并分析纸片规格和添加量对板材物理力学性能的影响。结果表明, 复合刨花板的力学强度随纸片尺寸的增加呈先升后降; 随纸片添加量的增加而呈降低趋势; 吸水厚度膨胀率则呈一直增加的趋势。

关键词: 纸片规格; 添加量; 复合刨花板; 物理力学性能

中图分类号: S784; TS653.5; TS79 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2019) 01-0008-04

Effects of Waste Newspaper on Properties of Wood/Paper Composite Panels

CHEN Rui-jian^{1,2}, ZHANG Wei-wei¹, GUAN Li-tao¹, LIN Wei-dong², HU Chuan-shuang¹

(1. College of Materials and Energy, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;

2. Guangdong Shixing Huazhou Wood Co., Ltd., Shaoguan 512500, Guangdong, China)

Abstract: Three sizes (A, B and C) and 10%, 20% and 30% of usage of waste newspapers were respectively mixed with wood particle by weight and formed as center layers of composite panels. Physical and mechanical properties of specimens of the panels were evaluated.

Test results showed that modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and internal bonding strength (IB) of the panels increased at beginning and then decreased with increase of waste newspaper sizes, and decreased with increase of waste newspaper usage. Thickness swelling rate (TS) of the panels increased with increase of both of wastepaper size and usage.

Key words: waste newspaper size; usage; composite panel; physical and mechanical properties

我国是世界上最大的废纸生产和消费国家, 2016年废纸回收总量约4 964万t^[1]。由于我国废纸回收利用体系较为落后, 废纸高值化利用途径较少, 主要是将废纸降级处理后再造纸。

近年来, 国内外学者对废纸的利用途径进行了拓展研究, 其中与木质材料混合, 制备复合材料的

研究常见报道, 但研究基本上还停留在实验室探索阶段, 制备工艺主要是将废纸机械粉碎、研磨纤维化^[2-6]或再制浆^[7-9], 然后添加粘结材料, 再与木纤维、木粉、木片、木刨花或单板等不同尺寸类型的木质材料混合, 通过压制或挤出成型, 制成多种多样的板材^[10-14], 板材的物理力学性能也各不相同。鲜有复合板材制备工艺优化及解决制备过程中存在问题的报道。

笔者采用三种不同规格的废报纸片与芯层木刨花混合, 制备复合刨花板, 并研究纸片规格和添加量对复合刨花板物理力学性能的影响, 旨在为利用废纸制备复合刨花板的工业化生产, 提供技术依据。

收稿日期: 2018-05-03; 修改日期: 2018-12-10

基金项目: 广东省科技厅应用专项“废纸原生态利用制备功能复合材料技术熟化及应用”(2017B020238003); 粤港联合创新项目“不可回用废纸资源化及制备木塑复合材料关键技术及应用示范”(2014B050505019)。

作者简介: 陈瑞建(1986—), 男, 华南农业大学硕士研究生。

责任作者: 胡传双, 男, 华南农业大学教授, 博士生导师。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 普通杂木刨花: 含水率为1.9%~2.3%, 取自广东华洲木业有限公司。

2) 废旧报纸: 购于再生资源回收站, 含水率2%左右。选择市面上常用型号的碎纸机, 根据芯层刨花的尺寸, 将废报纸裁切成3种规格尺寸(长×宽): A型10 mm×2 mm, B型20 mm×4 mm, C型18 mm×12 mm

3) 脲醛树脂胶(UF): 取自华洲木业有限公司。表层用胶: 固体含量60%, pH值7.5, 固化时间71 s, 黏度94.2 mPa·s; 芯层用胶: 固体含量65%, pH值7.5, 固化时间65 s, 黏度228.7 mPa·s。

4) 防水剂: 石蜡均质乳液, 主剂为60#全精炼石蜡, 乳白色, 固体含量44.25%, pH值6.0, 黏度16.9 mPa·s。外购。

1.2 试验设备

试验热压机、力学试验机、碎纸机等。

1.3 试验方法

1) 纸片添加量

考虑到板材的性能, 故只在芯层刨花中添加纸片, 表层刨花中不添加。根据预试验, 设计了3种纸片与芯层木刨花的比例, 分别为: 10%、20%、30%; 纸片与木刨花混合均匀后, 制备复合刨花板。以芯层未添加纸片的纯木刨花板作为对照。

2) 复合刨花板的制备

密度设定为0.78 g/cm³, 试板规格为500 mm×500 mm×16 mm(长×宽×厚), 表、芯层刨花配比为4:6, 施胶量分别为13%和11%, 防水剂添加量均为1.0%, 持续搅拌2~3 min, 使其均匀混合。

手工分层铺装后进行预压, 以厚度规控制板材厚度。热压参数: 温度200 ℃, 时间34 s/mm, 最大压力4.0 MPa。每个试验条件重复压制3块试板。

1.4 性能评价

按照GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》测试板材的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、内结合强度(IB)和吸水厚度膨胀率(TS), 每个指标取12个有效试样的平均值。

按照GB/T 4897-2015《刨花板》评价复合刨花板的物理和力学性能。

2 结果与讨论

2.1 纸片规格及添加量对复合刨花板性能的影响

2.1.1 静曲强度(MOR)和弹性模量(MOE)

纸片规格及添加量对试板 MOR 和 MOE 的影响, 如图1所示。

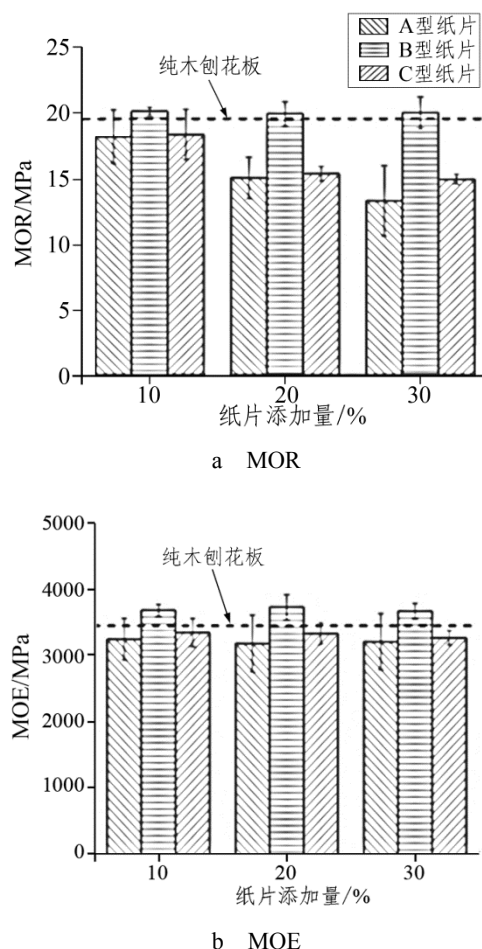


图1 纸片规格及加量对复合刨花板
静曲强度和弹性模量的影响

Fig.1 Effects of waste newspaper size and usage
on MOR and MOE of composite panels

图1a显示, B型纸片制备的复合刨花板, 其MOR均略高于纯木刨花板(19.65 MPa), 且B型纸片添加量对板材的MOR无明显影响。A、C型纸片随着添加量由10%增加到30%, 制备试板的MOR呈明显下降趋势。

原因是A型纸片尺寸小, 纸张的抗张强度受损严重, 与木质刨花之间的层叠面积亦小; 另外, 随着添加量增加, A型纸片与刨花混合拌胶的过程中, 易产生纸片团聚的现象, 导致拌胶和铺装不均, 从而影响板材的MOR。

B型纸片规格类似于芯层刨花,纸片的抗张强度保持较好,横向撕裂度和伸缩率较大^[15];与刨花混合拌胶的过程中,只有少量的团聚,铺装均匀性有所提高。

C型纸片长宽比小,为大片状,混合拌胶过程中虽无团聚现象,但纸片与刨花的层叠面积大,随着添加量增加,甚至出现局部纯纸片层叠的现象,导致板材的MOR明显下降。

由图1b可以看出,添加B型纸片试板的MOE也高于纯木刨花板(3 479 MPa),添加A、C型纸片试板的MOE略低于对照板。纸片的添加量从10%增加到30%,试板的MOE均无明显变化。说明纸片在芯层料中占比的变化,对复合刨花板的MOE影响不显著。

抗弯性能测试时,复合刨花板表层是最大拉、压应力集中区域,芯层作为中间层,应力较小或者基本不受力。因此,复合刨花板中的纸片添加量对板材MOE基本没有影响。

2.1.2 内结合强度 (IB)

不同添加量的三种规格纸片制备复合刨花板的IB测试结果,见图2。

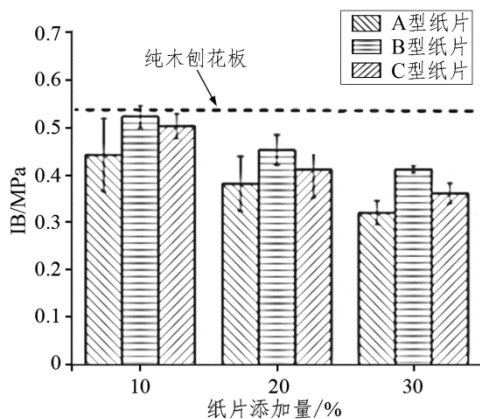


图2 纸片规格及加量对复合刨花板内结合强度的影响

Fig.2 Effects of waste newspaper size and usage on IB of composite panels

图2显示,添加纸片后制备试板的IB均低于对照的纯木刨花板(0.53 MPa),但三种规格的纸片中,仍是添加B型纸片试板的IB最大;随着纸片添加量从10%增加到30%,制备试板的IB均呈下降趋势。

纸片与木质刨花混合,因纸片自身易卷曲的特点,当其表面被胶液润湿后,容易缠绕在木质刨花

表面,在混料拌胶时,部分纸片和木质刨花结团,导致拌胶不均匀,及纸片和木刨花铺装分布不均,且团聚物无法形成良好的胶合,故影响到复合刨花板的IB性能。

另外,纸片的比表面积远大于木质刨花,随着纸片添加量的增加,在施胶拌胶过程中,纸片单位面积上的胶黏剂覆盖量降低,热压形成的胶合点也逐渐减少,所以IB呈现下降的趋势。

2.1.3 吸水厚度膨胀率 (TS)

不同添加量的三种规格纸片制备复合刨花板的TS测试结果,见图3。

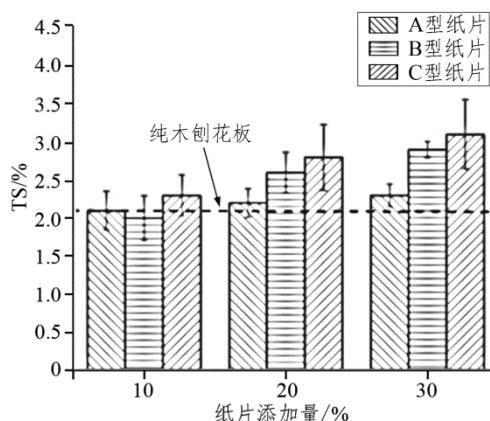


图3 纸片规格及加量对复合刨花板吸水厚度膨胀率的影响

Fig.3 Effects of waste newspaper size and usage on TS of composite panels

图3显示,3种纸片以不同加量制备的复合刨花板,其TS均高于纯木刨花板(2.1%)。其中,添加A型纸片试板的TS最小,耐水性能相对最好;随着纸片添加量的增加,制备复合刨花板的TS呈增大的趋势,但增幅较小;而添加B、C型纸片制备试板的TS均较高,且增幅较大。

A型纸片尺寸较小,在板材中可以填补部分刨花空隙,经热压成型后,形成较密实的结构,阻碍水分进入板材内部;

B型纸片大小与芯层刨花类似,但纸片是按纸张横向方向裁切而成,而纸张横向的吸水伸长率比纵向大,且纸片与木质刨花的层叠面积小,铺装的板坯空隙略大,特别是纸片添加量较高时,板材吸水厚度膨胀率随之升高;

C型纸片尺寸大于芯层刨花,在铺装过程中易出现部分纸片层叠搭接的现象,导致板材的TS随纸片

加量的增加而呈上升的趋势，且增幅略大于 B 型纸片制备的试板。

2.2 木/纸复合刨花板性能评价

三种规格及加量纸片制备复合刨花板的检测指标平均值与 GB/T 4897-2015《刨花板》限定值对比结果，见表 1。

表 1 复合刨花板的性能与标准值比较

Tab.1 Comparison between standard values and properties of wood/paper composite panels

纸片 类型	加量/%	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	IB/ MPa	TS/ %
A	10	0.79	18.22	3 252	0.44	2.1
A	20	0.77	15.07	3 187	0.38	2.2
A	30	0.79	13.32	3 215	0.32	2.3
B	10	0.75	20.16	3 884	0.52	2.0
B	20	0.77	19.97	3 984	0.46	2.6
B	30	0.76	20.05	3 871	0.41	2.9
C	10	0.79	18.38	3 352	0.50	2.3
C	20	0.78	15.39	3 336	0.41	2.8
C	30	0.80	14.96	3 272	0.36	3.1
GB/T 4897-2015 限定值	P1型	10.0	—	0.24	—	—
	P2型	11.0	1 600	0.35	8.0	—

表 1 显示，A 型纸片不同加量制备复合刨花板的物理力学性能，均满足 GB/T 4897-2015 中“干燥状态下使用的普通型刨花板（P1 型）”的要求；B、C 型纸片不同加量制备复合刨花板的性能，达到 GB/T 4897-2015 中“干燥状态下使用的家具型刨花板（P2 型）”的要求。

在芯层刨花中，3 种类型纸片的添加量控制在≤20%范围内，制备复合刨花板的物理力学性能均满足 GB/T 4897-2015 中 P2 型板材指标要求。

3 结论

1) 随着纸片在芯层刨花中添加量的增加，制备的复合刨花板的 MOR、IB 呈现降低的趋势；TS 呈现相反的趋势；MOE 变化不明显；纸片规格尺寸增大，制备复合刨花板的 MOR、MOE 和 TS 增加，IB 降低。

2) 3 种类型纸片的添加量≤20%时，复合刨花板的物理力学性能均满足 GB/T 4897-2015 中“干燥状态下使用的家具型刨花板（P2 型）”的要求。

3) 采用 B 型纸片制备复合刨花板的性能最优，但纸片加工的效率较低；而 C 型纸片制备方式简单便捷，且制备复合刨花板的综合性能较优，因此，建议后续使用 C 型纸片制备复合刨花板。

4) 使用废纸纸片代替部分芯层刨花制备复合刨花板，可以节约木材资源，提高废纸附加值，制备的复合刨花板具有良好的应用前景。

参考文献：

- [1] 郭彩云. 2016 年国内外废纸市场概况[J]. 造纸信息, 2017(10): 71-80.
- [2] Nourbakhsh A, Ashori A, Jahanlatibari A. Evaluation of the physical and mechanical properties of medium density fiberboard made from old newsprint fibers[J]. Journal of Reinforced Plastics & Composites, 2010, 29(29): 5-11.
- [3] Hwang C Y, Hse C Y, Shupe T F. Effects of recycled fiber on the properties of fiberboard panels[J]. Forest Products Journal, 2005, 55(11): 61-64.
- [4] Hon N S, Buhion C J. Composites from commingled polyethylene terephthalate, high-Density polyethylene and newspaper fibers[J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 1997, 10(3): 287-301.
- [5] Krzysik A M, Youngquist J A, Rowell R M, et al. Feasibility of using recycled newspapers as a fiber source for dry-process hardboards[J]. Forest Products Journal (United States), 1993, 43(7-8): 53-58.
- [6] Krzysik A M, Youngquist J A, Muehl J M, et al. Dry-Process hardboards from recycled newsprint paper fibers[J]. Mrs Proceedings, 1992, 266: 73-79.
- [7] 吕蕾, 王正, 郭文静, 等. 废纸制浆固废刨花板制备工艺研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(8):105-110.
- [8] Xing S, Riedl B, Deng J, et al. Potential of pulp and paper secondary sludge as co-adhesive and formaldehyde scavenger for particleboard manufacturing[J]. European Journal of Wood & Wood Products, 2013,71(6): 705-716.
- [9] Taramian A, Doosthoseini K, Mirshokraii S A, et al. Particleboard manufacturing: an innovative way to recycle paper sludge[J]. Waste Management, 2007, 27(12): 1739-1746.
- [10] Lykidis C, Parnavela C, Goulounis N, et al. Potential for utilizing waste corrugated paper containers into wood composites using UF and PMDI resin systems[J]. European Journal of Wood & Wood Products, 2012, 70(6): 811-818.
- [11] 贺进涛, 武书彬, 郭伊丽. 废纸屑压制纸屑板的工艺研究[J]. 木材工业, 2006, 20(5): 30.
- [12] Grigoriou A H. Waste paper - wood composites bonded with isocyanate[J]. Wood Science & Technology, 2003, 37(1): 79-90.
- [13] 岳孔, 叶建, 郑虹, 等. 办公废纸-废木刨花制作家具碎料板的研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(5): 166-168.
- [14] 邢成, 杨明辉, 赵春辉, 等. 废纸刨花板制造工艺的初步研究[J]. 木材工业, 1998, 12(1): 9-10.
- [15] Prambauer M, Paulik C, Burgstaller C. Mechanical properties of structural paper-polypropylene composite laminates[J]. Materials Science Forum, 2015, 825-826(11): 11-18.

(责任编辑 孟凡丹、向 琴)