

面向缓冲包装材料的麻秆刨花板制备及应用性能研究

王风玫, 母军, 张德荣, 李媛媛

(北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 利用提取麻纤维后的加工剩余物——麻秆作为原材料, 制备了缓冲刨花板。以不同的密度、施胶量以及厚度进行正交试验, 测定了刨花板的性能, 分析了麻秆刨花板作为缓冲包装材料的应用性能特点。实验结果表明: 以麻秆为原料, 在热压温度 175 °C 下, 用分段式热压工艺制备的刨花板, 具有色浅、质轻的特性; 在施胶量为 10% 时, 刨花板的静曲强度和弹性模量均为最佳值; 当 $\sigma > 190 \text{ N/cm}^2$ 时, 所制备的麻秆刨花板具有较低的缓冲系数, 可替代 EPE 作为缓冲包装材料。

关键词: 麻秆芯; 缓冲包装材料; 刨花板; 性能

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)19-0035-04

Preparation and Application Performance of Particle Hemp Haulm Board for Cushioning Packaging Material

WANG Feng-mei, MU Jun, ZHANG De-rong, LI Yuan-yuan

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Cushioning particle board was prepared using hemp haulm as raw material, which was the residue of hemp fiber production. Orthogonal experiments were carried out with different density, sizing dosage, and thickness, and performance of the particleboard was tested. The application performance of the particleboard as cushion packaging material was analyzed. The results showed that the particleboard has the characteristics of light mass and color when hot-pressing temperature at 175 °C and using piecewise hot-pressing process; when the sizing dosage is 10%, static bending strength and elastic modulus is the best; when $\sigma > 190 \text{ N/cm}^2$, the particleboard has lower buffer coefficient and can substitute for EPE as cushioning packaging material.

Key words: hemp haulm; cushion packaging material; particleboard; performance

随着科学技术的发展, 新型缓冲材料的开发应用已成为缓冲材料发展的必然趋势。以植物纤维为主的新型生物质包装缓冲材料因其可降解性及原材料来源丰富的优势, 受到了人们的广泛关注。麻秆是提取麻纤维后的加工剩余物, 具有色浅轻质的特点, 作为缓冲材料具有一定的应用前景, 研究麻秆的材料和结构可拓展麻秆高附加值利用的道路^[1]。近几年来, 以麻秆为原料, 利用胶黏剂或无胶以及不同的工艺来制备缓冲刨花板或纤维板的研究日益增多^[2-10]。麻秆缓冲包装材料有优良的可生物降解性, 可完全回收利用, 对环境友好, 完全能够满足商品出口包装的要求, 可替代 EPS 等塑料缓冲包装材料。

1 实验

1.1 材料和设备

麻秆(密度约为 $0.08 \sim 0.10 \text{ g/cm}^3$, 经削片打碎后的刨花粒径为 $1 \sim 10 \text{ mm}$, 含水率为 8.9%); 胶黏剂(脲醛树脂胶, 固含量 52%); 固化剂(20% 氯化铵溶液); 防水剂(液体石蜡)。

150 t 万能试验压机(苏州新协力机器制造有限公司); 静态压缩机(DCP-KY50ks); 木材万能力学试验机(精度 10 N)。

1.2 制备方法

麻秆杆状原材料经过削片、再碎的方法处理, 得到

收稿日期: 2012-06-08

作者简介: 王风玫(1988—), 女, 河北衡水人, 北京林业大学硕士生, 主攻木质复合材料。

麻杆刨花。采用人造板热压成型的方法进行制备,热压机压板温度 175 ℃,热压时间 460 s;固化剂用量为胶粘剂固体含量的 1%;防水剂用量为刨花质量的 1%。

1.3 性能测定

参照 GB/T 17657—1999 测定含水率、吸水厚度膨胀率、弹性模量、静曲强度,参照 GB 8168—87 进行材料的静态压缩性能测试。

2 结果与讨论

正交条件下所制备的麻杆刨花板性能测试值见表 1。正交因素 3 个,分别为密度、施胶量和厚度,每个因素设置 3 个水平。测试性能包括 2 h 和 24 h 吸水厚度膨胀率、静曲强度和弹性模量。

表 1 各项性能测试结果

Tab. 1 Test results of performance

因素	密度 /(g·m ⁻³)	施胶量 /%	厚度 /mm	2 h 吸水厚度 膨胀率/%	24 h 吸水厚度 膨胀率/%	静曲强度 /MPa	弹性模量 /MPa
试验 1	0.4	8	10	38.7	46.9	0.82	242
试验 2	0.4	10	14	31.5	37.3	0.41	85
试验 3	0.4	12	20	19.3	22.3	1.72	292
试验 4	0.5	8	14	39.4	46.9	1.41	256
试验 5	0.5	10	20	27.7	35.9	2.91	454
试验 6	0.5	12	10	44.4	51.6	1.86	285
试验 7	0.6	8	20	30.3	36.2	3.52	506
试验 8	0.6	10	10	55.7	72.1	5.72	1128
试验 9	0.6	12	14	42.4	50.9	3.83	422

2.1 吸水厚度膨胀率

吸水厚度膨胀率在人造板产品实际使用中是一个相当重要的指标,反映板材的耐水性能和尺寸稳定性;吸水厚度膨胀率越高,耐水性和尺寸稳定性越差。

由表 2 可以得出,影响刨花板吸水厚度膨胀率的

表 2 2 种吸水厚度膨胀率的正交试验直观分析

Tab. 2 Intuitive analysis of orthogonal experiments %

2 h 吸水厚度膨胀率			
	密度	施胶量	厚度
均值 1	35.500	43.333	56.867
均值 2	44.800	48.433	45.033
均值 3	53.067	41.600	31.467
极差	17.567	6.833	25.400
24 h 吸水厚度膨胀率			
	密度	施胶量	厚度
均值 1	35.500	43.333	56.867
均值 1	29.833	36.133	46.267
均值 2	37.167	38.300	37.767
均值 3	42.800	35.367	25.767
极差	12.967	2.933	20.500

各因素大小顺序为厚度>密度>施胶量。吸水厚度膨胀率随着厚度改变,变化量最为显著,且随厚度的增加呈现减小的趋势;随着密度的增加而增大;随着

施胶量的增大,吸水厚度膨胀率呈现先增大后减小的走势,施胶量为 12% 时刨花板的吸水厚度膨胀率比施胶量为 8% 时略小。同时发现,24 h 吸水厚度膨胀率比 2 h 的有所增长,说明刨花板在吸水 2 h 后,只有表层达到吸水饱和状态,芯层没有完全润胀。

2.2 静曲强度

静曲强度是表征板材在力学性能方面的性能优劣,不容忽视。静曲强度不够会导致板材容易开裂折断,从而造成安全隐患。由表 4 可知,所制备的麻杆

表 4 正交试验直观分析表(静曲强度)

Tab. 4 Intuitive analysis of orthogonal experiments (MOR)

因素	密度	施胶量	厚度
均值 1	206.333	334.667	504.000
均值 2	331.667	508.000	254.333
均值 3	637.667	389.333	417.333
极差	431.334	173.333	249.667

刨花板的静曲强度极差大小为:3.374(密度)>1.186(施胶量)>0.917(厚度)。说明影响麻杆刨花板静曲强度的因素主次顺序是密度>施胶量>厚度。

由表 4 和图 1 可知,麻杆刨花板的静曲强度随着板坯密度的增加会明显增加;随着施胶量的增加,静曲强度先增加后减小,施胶量为 10% 时的刨花板静

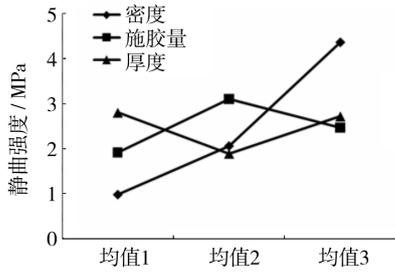


图1 刨花板静曲强度的极差趋势

Fig.1 The range trend of the MOR of the particleboard

曲强度最为合适;静曲强度随着板材厚度的增加,呈现先降低后上升的趋势。

2.3 弹性模量

弹性模量可视为衡量材料产生弹性变形难易程度的指标,其值越大,使材料发生一定弹性变形的应力也越大,即材料刚度越大,亦即在一定应力作用下,发生弹性变形越小。弹性模量试验结果见表5。

表5 正交试验直观分析表(弹性模量)

Tab.5 Intuitive analysis of orthogonal experiments (MOE)

因素	密度	施胶量	厚度
均值1	0.983	1.917	2.800
均值2	2.060	3.103	1.883
均值3	4.357	2.470	2.717
极差	3.374	1.186	0.917

由表5可知,所制备的麻杆刨花板的弹性模量极差大小为:432.334(密度) > 249.667(厚度) > 173.333(施胶量)。说明影响刨花板弹性模量的因素主次顺序是密度 > 厚度 > 施胶量。

由表5和图2可知,刨花板的弹性模量随着板坯

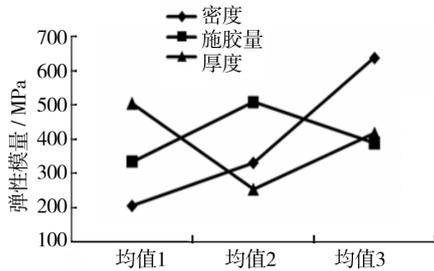


图2 刨花板弹性模量的极差趋势

Fig.2 The range trend of the MOE of the particleboard

密度的增加会明显增大;随着施胶量的增加,弹性模量先增加后减小,施胶量为10%时的刨花板弹性模

量最大;弹性模量呈现和静曲强度近似的变化趋势。

2.4 静态压缩性能

从图3可知,麻杆刨花板与聚苯乙烯泡沫塑料相

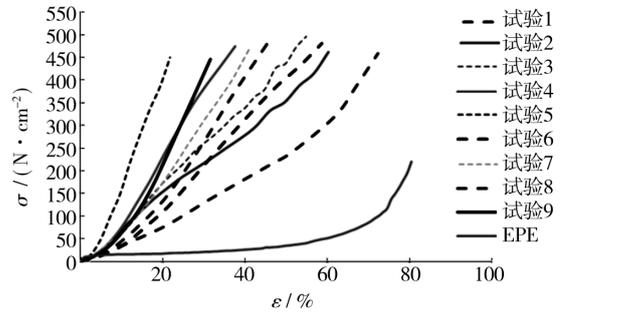


图3 刨花板应力-应变关系曲线

Fig.3 The stress-strain curves of the particleboard

似,无明显的屈服点,不出现材料的溃散,具有良好的缓冲性和恢复性。为了能够更直观地体现麻杆刨花板静态压缩的性能,取应变量为20%时的应力值进行数据分析,结果见表6。

表6 正交试验直观分析(应力值)

Tab.6 Intuitive analysis of orthogonal experiments (Stress)

因素	密度 / (g · m ⁻³)	施胶量 / %	厚度 / mm	应力 / (N · cm ⁻²)
试验1	0.4	8	10	74
试验2	0.4	10	14	152
试验3	0.4	12	20	172
试验4	0.5	8	14	228
试验5	0.5	10	20	400
试验6	0.5	12	10	109
试验7	0.6	8	20	174
试验8	0.6	10	10	130
试验9	0.6	12	14	210
EPE	—	—	—	17
均值1 / (N · cm ⁻²)	132.667	158.667	104.333	
均值2 / (N · cm ⁻²)	245.667	227.333	196.667	
均值3 / (N · cm ⁻²)	171.333	163.667	248.667	
极差	113.000	68.667	144.334	

由表6可知,应变为20%时各组试验的应力值比EPE的应力值大很多,极差大小顺序为:144.334(厚度) > 113.000(密度) > 68.667(施胶量),说明影响应力值的因素主次顺序为厚度 > 密度 > 施胶量。由图4可以看出,应力值随厚度的增加而增大,且变化量较为明显。随着密度和施胶量的增加,应力值呈现先上升后下降的趋势。

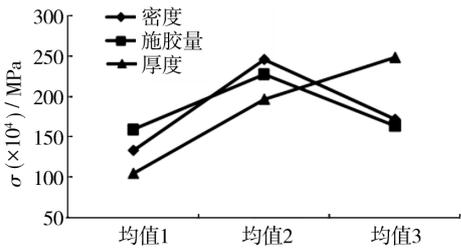


图4 应力值极差趋势

Fig. 4 The stress range trend of the particleboard

材料的残余应变值见表7。从表7可知,除试验

表7 卸载3 min后刨花板厚度及残余应变

Tab. 7 Thickness and residual stress after being unloaded for 3 min

因素	原始厚度/mm	卸载3min后 厚度/mm	残余应变 /%
试验1	9.72	9.17	5.66
试验2	14.20	12.28	13.52
试验3	20.15	17.91	11.12
试验4	14.57	14.18	2.68
试验5	20.91	20.30	2.92
试验6	9.68	9.27	4.24
试验7	21.97	20.95	4.64
试验8	9.83	9.80	0.31
试验9	14.37	14.16	1.46
EPE	50.94	46.03	9.64

2,3的残余应变大于EPE(聚乙烯)以外,其余各组试验的残余应变均小于EPE,且试验8的值最小,说明试验2(密度0.4 g/cm³,施胶量10%,厚度14 mm)与试验3(密度0.4 g/cm³,施胶量12%,厚度20 mm)的回弹性较EPE差,剩余试验组的回弹性比EPE好,其中以试验8的回弹性最优。

对各种缓冲材料进行静应力测试,对结果进行换算,结果见图5,随应力的增大,麻杆芯刨花板的缓冲

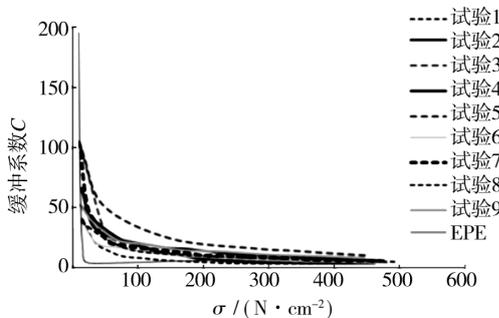


图5 缓冲系数-应力曲线

Fig. 5 Buffer coefficient-stress curve

系数不断减小。试验5(密度0.5 g/cm³,施胶量10%,厚度20 mm)的缓冲系数曲线始终处于所有试验组的上方,说明此条件下的缓冲系数最大,缓冲性能最差。当应力值 $\sigma < 190 \text{ N/cm}^2$ 时,EPE的缓冲性能最优,其效果优于麻杆芯刨花板;当 $\sigma > 190 \text{ N/cm}^2$ 时,试验1(密度0.4 g/cm³,施胶量8%,厚度10 mm)与试验2(密度0.5 g/cm³,施胶量10%,厚度20 mm)均表现出良好的缓冲特性,且缓冲系数小于EPE材料,即缓冲性能优于EPE。

当 $\sigma < 40 \text{ N/cm}^2$ 时,试验6(密度0.5 g/cm³,施胶量12%,厚度10 mm)的缓冲系数最小,略小于试验1的缓冲系数,缓冲效果最佳;当材料所受应力在40~350 N/cm²时,试验1条件下的刨花板缓冲效果最优;当 $\sigma > 350 \text{ N/cm}^2$ 时,试验2的缓冲系数最小,其缓冲效果好于试验1材料。

3 结论

以麻杆为原料,在热压温度175 °C下,用分段式热压工艺制备的刨花板,具有色浅、质轻的特性。在施胶量为10%时,刨花板的静曲强度和弹性模量均为最佳值。麻杆刨花板的吸水厚度膨胀率随着厚度的增加呈现减小的趋势;随着密度的增加而增大;随着施胶量的增大,吸水厚度膨胀率呈现先增大后减小的走势。

当应力值 $\sigma < 190 \text{ N/cm}^2$ 时,EPE的缓冲性能最优,其效果优于麻杆芯刨花板;当 $\sigma > 190 \text{ N/cm}^2$ 时,试验1(密度0.4 g/cm³,施胶量8%,厚度10 mm)与试验2(密度0.5 g/cm³,施胶量10%,厚度20 mm)均表现出良好的缓冲特性,且缓冲系数小于EPE材料,即缓冲性能优于EPE。

当 $\sigma < 40 \text{ N/cm}^2$ 时,试验6(密度0.5 g/cm³,施胶量12%,厚度10 mm)的缓冲系数最小,略小于试验1的缓冲系数,缓冲效果最佳;当材料所受应力在40~350 N/cm²时,试验1条件下的刨花板缓冲效果最优;当 $\sigma > 350 \text{ N/cm}^2$ 时,试验2的缓冲系数最小,其缓冲效果好于试验1材料。

参考文献:

[1] 何蕊.工业麻秆芯缓冲包装材料的开发研究[J].山东林业科技,2011(3):13-15.

- [14] PETERSEN J H. Survey of di-(2-ethylhexyl) Phthalate Plasticizer Contamination of Retail Danish Milks[J]. Food Addit Contam, 1991, 8(6): 701-5.
- [15] 刘慧杰, 舒为群, 李学奎, 等. 人体内有有机物分析及邻苯二甲酸酯含量测定[J]. 中国公共卫生, 2004(3): 66-67. LIU Hui-jie, SHU Wei-qun, LI Xue-kui, et al. Analysis on Organic Compounds Component and Determination of Phthalate Acid Esters in Human Body[J]. China Public Health, 2004(3): 66-67.
- [16] HOPPIN J A, BROCK J W, DAVIS B J, et al. Reproducibility of Urinary Phthalatemetabolites in First Morning Urine Samples[J]. Environ Health Perspect, 2002, 110(5): 515-518.
- [17] CMA. Comments of the Chemical Manufacturers Association Phthalate Esters panel in Response to Request For-public Input on seven Phthalate Esters[R]. Washington, DC: Chemical Manufacturers Association, 1999.
- [18] 龚丽雯, 王成云, 李京会, 等. PVC 包装膜中己二酸酯类增塑剂在水中的迁移行为研究[J]. 聚氯乙烯, 2006(9): 31-35. GONG Li-wen, WANG Cheng-yun, LI Jing-hui, et al. Research on the Migration Behavior of Adipates Contained in PVC Packaging Films in Water[J]. Polyvinyl Chloride, 2006(9): 31-35.
- [19] 郑文芝, 周勇强, 张霖霖. PVC 塑料制品中增塑剂 PAEs 在水环境中迁移规律的研究[J]. 广东化工, 2006(3): 29-30. ZHENG Wen-zhi, ZHOU Yong-qiang, ZHANG Lin-lin. Study on the Rules of Transfer of Plasticizers PAEs of Plastic PVC in Water Environment [J]. Guangdong Chemical Industry, 2006(3): 29-30.
- [20] 俞晔, 王鑫, 孙利, 等. 塑料制品中酞酸酯向食品模拟物迁移的研究[J]. 食品科技, 2008(12): 117-119. YU Ye, WANG Xin, SUN Li, et al. Study on the Migration of Phthalate Esters of Plastic Packing in Food[J]. Food Science and Technology, 2008(12): 117-119.

~~~~~

(上接第 38 页)

- [2] 徐信武, 许清林, 周定国. 洋麻秆刨花板的实验室研究(I) [J]. 林产工业, 2004, 31(3): 28-31. XU Xin-wu, XU Lin-qing, ZHOU Ding-guo. Experimental Particleboard from Kenaf Stalk ( I )——Influence of Structure on Board Performances[J]. China Forest Products Industry, 2004, 31(3): 28-31.
- [3] 徐信武, 许清林, 周定国. 洋麻秆刨花板的实验室研究 (II) [J]. 林产工业, 2004, 31(5): 29-31. XU Xin-wu, XU Lin-qing, ZHOU Ding-guo. Experimental Particleboard from Kenaf Stalk ( II )——Influences of Glue and Raw Materials on Board Performances[J]. China Forest Products Industry, 2004, 31(5): 29-31.
- [4] 王晓敏, 王男, 徐瑾. 利用红麻制浆废弃物模压包装材料的研究[J]. 包装工程, 2004, 25(3): 16-18. WANG Xiao-min, WANG Nan, XU Jin. Research on Molded Packaging Material Utilized the Bluish Dogbane Pulping Wastes[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3): 16-18.
- [5] 徐朝阳, 李大纲. 水性改性淀粉胶在包装用麻秆中密度纤维板中胶合机理的研究[J]. 包装工程, 2006, 27(3): 3-5. XU Zhao-yang, LI Da-gang. A Study on Bonding Mechanism of Water-based Modified Starch Adhesive Used in the Packaging of Middle Density Fiberboard of Kenaf Stalk[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 3-5.
- [6] 叶舟, 陈希荣. 麻秆芯缓冲包装材料静态缓冲特性和蠕变性能研究[J]. 北京印刷学院学报, 2007, 14(2): 11-13. YE Zhou, CHEN Xi-rong. The Kenaf Core Buffer Packaging Material Study of Static Cushioning Property and Creep Property[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2007, 14(2): 111-122.
- [7] WIDYORINI Ragil, XU Jian-ying, TAKASHI Watanabe, et al. Chemical Changes in Steam-pressed Kenaf Core Binder Less Particleboard[J]. Journal of Wood Science, 2005, 51: 26-32.
- [8] XU Jian-ying, HAN Guang-ping, WONG E D, et al. Development of Binderless Particleboard from Kenaf Core Using Steam-injection Pressing [J]. The Japan Wood Research and Society, 2003, 49: 327-332.
- [9] XU Jian-ying, WIDYORINI Ragil, SHUICHI Kawai. Properties of Kenaf Core Binderless Particleboard Reinforced with Kenaf Bast Fiber-woven Sheets[J]. Journal of Wood Science, 2005, 51: 415-420.
- [10] OKUDA Nobuhisa, SATO Masatoshi. Manufacture and Mechanical Properties of Binder Less Boards from Kenaf Core[J]. The Japan Wood Research and Society, 2004, 50: 53-61.