

## 技术专论

# 包装行业用秸秆刨花板的研制

苟进胜<sup>1</sup>, 方健<sup>1</sup>, 蔡静蕊<sup>1</sup>, 刘红光<sup>1</sup>, 李泓成<sup>2</sup>, 臧晓莹<sup>1</sup>, 宁凯敏<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 北京理工大学, 北京 100081)

**摘要:**探索了以偶联剂和碱复合处理的方法对秸秆进行表面改性处理的工艺,开展了以秸秆和木刨花(木材加工剩余物)为主要原料制备包装行业用秸秆刨花板的研究,重点考察了不同预处理条件对麦秸秆表面性能的改善情况,及原料中秸秆/木刨花比对制备的刨花板性能的影响规律。实验结果显示,秸秆表面预处理最佳条件是 KH-550 用量为 3%、改性时间为 90 min、改性温度为 60 ℃,秸秆刨花板中秸秆用量的增加将会导致秸秆刨花板弹性模量、静曲强度下降,吸水膨胀率增大和氧指数降低。偶联剂与碱复合处理比单一处理对秸秆表面胶合性能的改善更明显,秸秆使用量的提高会导致刨花板性能下降。

**关键词:** 包装行业; 秸秆; 刨花板; 节材代木; 表面处理

中图分类号: TB484.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)23-0023-04

## Development of Straw Particleboard for Packaging Industry

GOU Jin-sheng<sup>1</sup>, FANG Jian<sup>1</sup>, CAI Jing-rui<sup>1</sup>, LIU Hong-guang<sup>1</sup>, LI Hong-cheng<sup>2</sup>, ZANG Xiao-ying<sup>1</sup>, NING Kai-min<sup>1</sup>

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Institute of Technology, 100081, China)

**Abstract:** The development of straw particleboard is the direction and key point of wood reduction and substitution in packaging industry. Wheat straw was pretreated with coupling agent and alkali composite treatment to modify its adhesive properties. Straw particle board was prepared with the pretreated straw and wood shavings. The effects of different factors on straw pretreatment and the ratio of straw/shavings on properties of straw particle board were studied. The results showed that the optimized pretreat condition is the usage of KH-550 3%, modification time 90 min, and temperature 60 ℃; elasticity modulus, static bending strength, and oxygen index decrease, while the expansion rate of water absorbing of the straw particle board increase, with the increase of straw/shavings ratio. It was concluded that composite treatment of coupling agent and alkali has more obvious improvement than single treatment; increase of straw usage amount will cause the performance fall down of straw particle board.

**Key words:** packaging industry; straw; particleboard; wood reduction and substitution; surface modification

木质包装材料具有很多性能优势,如强重比高,抗机械损伤能力强,便于吊装,具有缓冲性,可回收等,是工程、机电设备包装的首选材料,且用量巨大<sup>[1]</sup>。不过原料的短缺严重制约着我国木材工业的发展,也对木包装行业造成了重大的影响。“天保”工程实施以后,我国天然林全面禁伐;出于对本国环境保护和经济可持续发展的考虑,越来越多的国家限制原木出口。现有木材原料还必须首先满足造纸、家具

和建筑等行业的需求,因此包装行业的节材代木势在必行。

工业和信息化部于 2013 年 4 月向国务院提交了《工业和信息化部关于机电产品包装节材代木情况的报告》,报告中特别指明“以大型、精密、贵重、单件、小批量机电产品为重点,以生物质材料、废弃物综合利用代木材料、定向刨花板代木材料、以纸代木材料、以塑代木材料等为主要对象。”是当前开展机电产品包

收稿日期: 2013-09-30

基金项目: 北京市教委共建项目(“木质材料高效加工利用技术”);北京林业大学大学生科研训练计划(X1310022051)

作者简介: 苟进胜(1979-),男,甘肃人,博士,北京林业大学讲师,主要研究方向为城市固体废弃物资源化利用和包装工程技术。

装节材代木的方向和重点。

我国农作物秸秆资源十分丰富,价格低廉,是最有可能实现节材代木的原料之一,这为发展秸秆人造板提供了很好的原料基础<sup>[2-6]</sup>。

文中研究了以秸秆和木刨花为原料制备秸秆刨花板制备技术,以期为用秸秆刨花板替代包装行业用非结构用木质包装材料(如围板、垫木、包装盒等)奠定技术基础。

## 1 实验

### 1.1 材料

实验材料:秸秆,取自山东省龙口市;木刨花,取自北京林业大学木工实验室加工废弃物,主要以杨木为主;胶黏剂,酚醛树脂胶黏剂(PF),北京太尔化工有限公司制备,固体的质量分数为55%;防水剂,液体石蜡;偶联剂,硅烷偶联剂KH-550(AR),南京道宁化工有限公司制备;秸秆碱处理剂,氢氧化钠水溶液。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 秸秆表面预处理

采用偶联剂KH-550和NaOH水溶液对秸秆进行预处理,考察改性剂用量、改性温度和改性时间对麦秸秆表面润湿度的影响。实验设计见表1。

表1 麦秸秆表面改性因素水平

Tab. 1 Experimental factors and levels  
of straw surface modification

水平	KH-550 用量/%	改性温度/℃	改性时间/min
	A	B	C
1	1	40	30
2	3	60	60
3	5	80	90

#### 1.2.2 秸秆刨花板制备

先将麦秸横向切断,使其长度在10~30 mm之间,再烘干并研磨,使秸秆沿轴向劈开,加入木材刨花,混合均匀后施胶、热压,并测试其力学性能(参照GB/T 21723—2008与GB/T 17657—1999执行)。施胶量、热压温度等参数按照预实验得出的优化结果取值,文中主要研究经预处理后的秸秆与木材刨花用量对秸秆人造板的影响规律,秸秆与木刨花的比例取3:7,4:6和5:5。

## 2 结果与讨论

### 2.1 秸秆表面预处理

由图1可知,经过预处理后秸秆表面的接触角比未处理前均有所降低,润湿性增强<sup>[7]</sup>。随着KH-550用量的增加和处理温度的升高,秸秆表面的接触角先减小后增大,而随着处理时间的增加,秸秆表面的接触角呈单调递减趋势。随着温度从40 ℃逐渐提高,改性剂的活性也逐渐增大,与秸秆表面脂肪、硅类物质等能有效地发生反应,但温度过大,即超过60 ℃时,则会影响改性剂的活性,不利于KH-550与秸秆表面物质的反应。随着改性时间的提高,为偶联剂KH-550与碱对秸秆表面的反应提供了充足的时间,复合处理方式对秸秆表面的处理时间越长,越有利于秸秆表面脂肪、二氧化硅等硅质层与试剂反应,但是改性时间越长,试样在溶液中浸泡的时间越久,容易降低秸秆自身的内结合力,引起秸秆原料力学性质的降低,影响板材的物理力学性能,因此改性时间以90 min为佳。

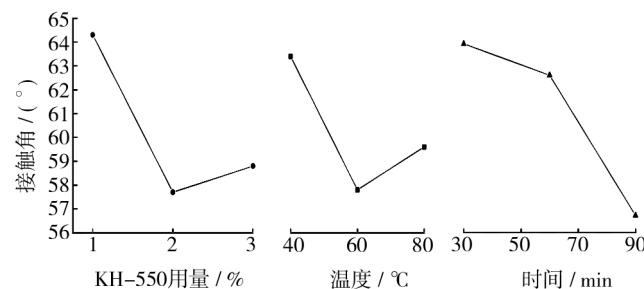


图1 KH-550 用量、改性时间和改性温度对接触角的影响

Fig. 1 Effects of KH-550 content, time  
and temperature on contact angle

由正交试验结果可知,复合处理麦秸秆的最佳条件是KH-550用量为3%、改性温度为60 ℃、改性时间为90 min,极差分析表明各因素对秸秆处理影响的显著程度为:改性剂用量>改性时间>改性温度。可见,多种方式复合处理技术能得到较佳的处理效果<sup>[8]</sup>,在该研究条件下预处理后,麦秸秆外表面的接触角比用酶处理的还要小<sup>[9]</sup>。

为了验证偶联剂与碱复合处理后对麦秸秆表面润湿性的效果,采用红外光谱分析法(FTIR)对经过最佳工艺改性的麦秸秆外表面进行测试,结果见图2。

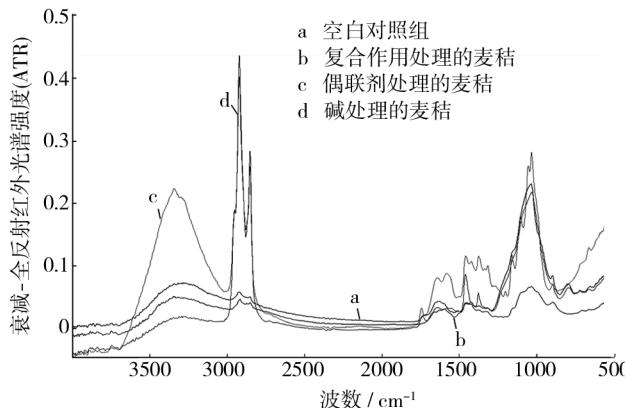


图 2 麦秸秆外表面 FTIR 图谱

Fig. 2 FTIR spectra of outer surface of wheat straw

由图 2 可知,麦秸秆外表面在  $800 \sim 1200 \text{ cm}^{-1}$  范围内出现了骨架振动的多重峰,为—O—Si—O—,C—O 和 C—C 的基团特征峰,在  $1200 \sim 1500 \text{ cm}^{-1}$  区域内,出现了主要为—CH,—CH<sub>2</sub> 及—OH 的弯曲与摇摆振动,波数在  $3200 \text{ cm}^{-1}$  以上的吸收峰为—OH 的伸缩振动。这说明,麦秸秆外表面主要以 C—H 与 C—O 为主,并含有一定量的硅氧化物,据推测为二氧化硅,只经过碱处理的麦秸秆的—OH 含量明显增多;只经过偶联剂处理的甲基及亚甲基明显增多;经过偶联剂与碱复合处理后的麦秸秆二氧化硅的含量明显降低,脂肪类物质有部分溶出,得到了很好的处理效果<sup>[10-12]</sup>。

## 2.2 木刨花用量对秸秆板力学性能的影响

从图 3 中可以看出,随着木刨花用量的减少,制备的秸秆刨花板的弹性模量和静曲强度均出现了明

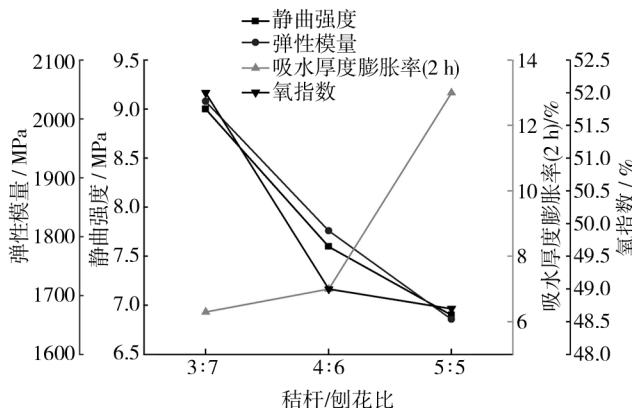


图 3 秸秆/刨花比对刨花板弹性模量、静曲强度、吸水膨胀率和氧指数的影响

Fig. 3 Effects of the ratio of straw to shavings on elasticity modulus, static bending strength, expansion rate of water absorbing, and oxygen index of the particle board

显的下降,这是由于秸秆的力学强度要低于木刨花,且秸秆中空特性及外表面的硅质层极大地影响了胶接性能和板材强度。虽然对麦秸秆进行了粉碎、碾压和研磨等处理,但处理强度很难把握,因此在胶接时用到的秸秆原料中依然存在着中空秸秆。另外,预处理后的秸秆外表面,其胶接性能较弱。从图 3 中也可以看出,随着木刨花用量的减少,制备的秸秆刨花板的 2 h 吸水厚度膨胀率增高而氧指数降低,这与文献中报道的秸秆与木纤维混合制备复合人造板的研究结果一致<sup>[13-15]</sup>。

## 3 结语

偶联剂与碱复合处理比单一处理效果明显,可以有效去除秸秆表面的硅化物及脂肪等物质,增加秸秆表面活性,有利于秸秆表面与胶黏剂的胶合作用,对处理效果的影响顺序为:改性剂用量>改性时间>改性温度。

随着木刨花用量的减少,制备的秸秆刨花板的力学强度、吸水膨胀率及阻燃性能等指标均有不同程度的下降。为了能将秸秆用于包装行业节材代木还需要进行深入的研究,在保证基本性能的基础上,通过添加助剂、优化工艺等方式提高秸秆的使用比例。

## 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):27-30,33.  
ZHANG Fang-wen, YU Wen-ji. Current Status and Development of Wood-based Packaging Materials [J]. Packaging Engineering, 2007, 28 (2): 27-30, 33.
- [2] 于文吉.生物质资源农作物秸秆应用于人造板工业的可行性分析[J].木材工业,2006,20(2):41-44.  
YU Wen-ji. Future Development of Bio-based Composites from Agricultural Fibers in China [J]. China Wood Industry, 2006, 20 (2): 41-44.
- [3] 钱小瑜.发展农作物秸秆人造板大有可为[J].中国人造板,2010(12):1-5.  
QIAN Xiao-yu. Straw-based Panel Will Take a Significant in the Future [J]. China Wood-Based Panels, 2010 (12): 1-5.
- [4] 于文吉,马红霞,王天佑,等.农作物秸秆人造板发展现状与应用前景[J].木材工业,2005(4):5-8.  
YU Wen-ji, MA Hong-xia, WANG Tian-you et al. Current Markets and Potential Applications for Agrifiber Based Pan-

- els in China [J]. China Wood Industry, 2005(4):5-8.
- [5] 张洋. 麦秸人造板的研究 [D]. 南京:南京林业大学, 2001.
- ZHANG Yang. Research on Wheat Straw Panel [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2001.
- [6] 李凯夫, 彭万喜. 国内外秸秆制人造板的研究现状 [J]. 世界林业研究, 2004, 17(2):34-36.
- LI Kai-fu, PENG Wan-xi. The Present Situation and Developing Trends of the Research on Straw-based Panels at Home and Abroad [J]. World Forestry Research, 2004, 17(2):34-36.
- [7] 张洋, 华毓坤. 麦秸表面的润湿性研究 [J]. 木材工业, 2001(2):6-8.
- ZHANG Yang, HUA Yu-kun. A Study of Moisture Character of Wheat Straw [J]. China Wood Industry, 2001(2):6-8.
- [8] 于曼, 何春霞, 刘军军, 等. 不同表面处理麦秸秆对木塑复合材料性能的影响 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(9):171-177.
- YU Min, HE Chun-xia, LIU Jun-jun, et al. Effects of Different Surface Treatment for Wheat Straw on Performances of Wood-Plastic Composites [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(9):171-177.
- [9] 刘艳萍, 张洋, 江华, 等. 木聚糖酶处理对麦秸表面性能的影响 [J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2009(5):548-551.
- LIU Yan-ping, ZHANG Yang, JIANG Hua, et al. Influence of Xylenes Treatment on Surface Properties of Wheat Straw [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2009(5):548-551.
- [10] 刘志明. 麦秆表面特性及麦秆刨花板胶接机理的研究 [D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2002.
- LIU Zhi-ming. Study on Characterization of Wheat Straw and Mechanism of Adhesive Joints for Wheat Straw Particle Board [D]. Harbin: North-East Forestry University, 2002.
- [11] 吴章康, 周定国. 稻草原料表面特性 FTIR 和 XPS 分析 [J]. 木材工业, 2003(6):6-8, 23.
- WU Zhang-kang, ZHOU Ding-guo. Surface Characterization of Rice Straw and Its Fibers by FTIR and XPS [J]. China Wood Industry, 2003(6):6-8, 23.
- [12] 连海兰, 周定国, 尤纪雪. 麦秸秆成分剖析及其胶合性能的研究 [J]. 林产化学与工业, 2005(1):69-72.
- LIAN Hai-lan, ZHOU Ding-guo, YOU Ji-xue. Studies on Layer Composites of Wheat Stalk and Their Adhesion Properties [J]. Chemistry & Industry of Forest Products, 2005(1):69-72.
- [13] 张洋, 华毓坤. 木纤维与麦秸刨花制造纤维刨花板的工艺研究 [J]. 木材工业, 2001(5):6-9.
- ZHANG Yang, HUA Yu-kun. Study on Manufacture Technology of Wood Fiber/Wheat Straw Particle Composite Board [J]. China Wood Industry, 2001(5):6-9.
- [14] 姚飞, 周定国. 稻草-木纤维复合材料制造工艺研究 [J]. 林产工业, 2005, 02:21-25, 36.
- YAO Fei, ZHOU Ding-guo. Study on Manufacture Technique of Rice-straw/Wood Fiber Composite [J]. China Forest Products Industry, 2005(2):21-25, 36.
- [15] 顾凯, 周定国, 李晓平, 等. 稻草碎料-木纤维配比对复合板性能的影响 [J]. 森林工程, 2006(5):45-47, 53.
- GU Kai, ZHOU Ding-guo, LI Xiao-ping. The Effects of Substitution Level on Straw-wood Composite Board [J]. Forestry Engineering, 2006(5):45-47, 53.

(上接第 17 页)

- [10] 杨思广, 梁兴泉, 唐忠锋, 等. 微孔保鲜膜研究的进展 [J]. 技术与开发, 2004, 33(3):29-31.
- YANG Si-guang, LIANG Xing-quan, TANG Zhong-feng, et al. Research Progress of Microporous Membranes for Keeping Fresh [J]. Technology & Development of Chemical Industry, 2004, 33(3):29-31.
- [11] 李芳, 卢立新. 果蔬微孔膜气调包装模型与实验验证 [J]. 农业工程学报, 2010, 26(4):375-378.
- LI Fang, LU Li-xing. Theoretical Model and Experimental Validation for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables with Micro Perforated Film [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4):375-378.
- [12] 王铁柱, 李喜宏, 陈丽, 等. 多孔保鲜膜 MA 机理与数学模型研究 [J]. 保鲜与加工, 2004, 4(1):20-23.
- WANG Tie-zhu, LI Xi-hong, CHEN Li, et al. Study on Modified Atmosphere Mechanism and Mathematical Model of Fruit and Vegetable Microporous Freshness-keeping Film [J]. Storage and Process, 2004, 4(1):20-23.
- [13] 管国锋, 赵汝薄. 化工原理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- GUAN Guo-feng, ZHAO Ru-bo. Principle of Chemical Engineering [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [14] RENALT P, HOUAL L, JACQUEMIN G, et al. Gas Exchange in Modified Atmosphere Packaging: 2. Experimental Results with Strawberries [J]. International Journal of Food Science and Technology, 1994, 29:379-394.