

喷蒸热压法棉秆无胶碎料板的研制

徐剑莹¹, 曾敏¹, 梅村研二², 川井秀一²

(1. 中南林业科技大学材料科学与工程学院, 湖南长沙 410004;

2. 日本京都大学生存圈研究所, 日本京都府宇治市 611-0011)

摘要: 以棉秆为原料, 采用喷蒸热压法研制无胶碎料板, 探讨板的密度、蒸汽压力及喷蒸时间对棉秆无胶碎料板的物理力学性能的影响。结果表明: 在试验范围内, 随着板密度增大, 无胶碎料板的静曲强度、弹性模量与内结合强度明显提高; 提高蒸汽压力及延长喷蒸时间, 能明显降低无胶碎料板的吸水厚度膨胀率。

关键词: 棉秆; 喷蒸热压; 无胶碎料板

中图分类号: TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2010)06-0004-04

Development of Binderless Cotton Stalk Particleboard Using Steam-Injection Pressing

XU Jian-ying¹, ZENG Min¹, UMEMURA Kenji², KAWAI Shuichi²

(1. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China;

2. Research Institute for Sustainable Humansphere, Kyoto University, Gokasho Uji, Kyoto 611-0011, Japan)

Abstract: Binderless cotton stalk particleboard was developed in this study using steam-injection pressing. The effects of board density, steam pressure, and steam-injection time on the properties were also investigated. The results showed that the board modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), and internal bond strength (IB) were highly dependent upon the board density. Higher steam pressure and longer steam-injection time were found to improve thickness swelling (TS) of the binderless particleboard.

Key words: cotton stalk; steam-injection pressing; binderless particleboard

目前, 我国人造板的生产仍多数使用醛类胶黏剂, 不仅占据主要成本, 而且, 在人造板产品的生产及使用过程中还会释放游离甲醛, 影响人类的健康。已有研究表明, 在不添加任何胶黏剂与添加剂的情况下, 通过一定的工艺, 可使原材料产生自胶合作用, 从而生产出无胶人造板。常用的方法有: 蒸爆法及高温高压热压法。蒸爆法需高压蒸汽(一般蒸汽压达 2.0~3.0 MPa), 高温高压热压法制得的板材密度很大(1.0 g/cm³左右)且性能不够理想。

近年, 笔者采用一种新的方法——喷蒸热压法,

利用非木材植物原料研制无胶碎料板。其原理是, 非木材植物原料的半纤维素含量高, 在水热处理过程中降解, 产生水溶性糖与低分子物质, 可对自胶合产生重要作用。已有研究表明, 当蒸汽压力仅 0.6~1.0 MPa(158~179 ℃)时, 可成功研制出轻质高性能的红麻秆无胶碎料板^[1-2]。

我国是世界第一产棉大国, 年种植面积约为 567 万 hm²^[3]。棉秆资源丰富, 但一直未得到充分利用。棉秆的组织构造及化学成分与阔叶树材接近, 适合制造纤维板与碎料板^[4-5]。以棉秆为原料压制无胶碎料板, 不仅可以充分利用农产品剩余物资源, 而且无胶碎料板产品无游离甲醛释放, 符合低碳经济、环保产品的要求。

收稿日期: 2010-02-08; 修改日期: 2010-08-02

基金项目: 国家自然科学基金(30771681); 湖南省教育厅重点项目(07A079)。

作者简介: 徐剑莹(1965—), 女, 中南林业科技大学教授, 博士生导师。

1 材料与方法

1.1 材料

棉秆(*Gossypium* spp.),取自湖南常德,取茎部截成长度约 5 cm 的小段,经调湿后,用环式刨片机加工成碎料,气干后待用。

棉秆碎料的筛分值列于表 1。

表 1 棉秆碎料筛分值
Tab.1 Particle size distribution

筛网尺寸/mm	质量比/%
<0.25	15.8
0.25~0.5	21.7
0.5~1.0	30.4
1.0~2.0	25.0
>2.0	7.1

1.2 方法

1) 制板工艺:设置目标密度为 0.65~0.85 g/cm³,幅面为 230 mm×230 mm,厚度为 7 mm。将棉秆碎料称量后,用成型框铺装成板坯;经预压后,再送入喷蒸热压机进行热压。

喷蒸热压机的上、下压板间采用不锈钢框密封。喷蒸热压的工艺条件为:

蒸汽压力 0.6 MPa(158 ℃)与 1.0 MPa(179 ℃);喷蒸时间(热压时间)4、7 与 10 min。热压机上、下压板的温度设置,需比蒸汽温度高 10 ℃左右,以避免蒸汽冷凝。

2) 试验因素:探讨板的密度、蒸汽压力及喷蒸时间等因素的影响,各因子及水平设置列于表 2。每一条件下压制 3 块板。

表 2 棉秆无胶碎料板制板工艺因素及水平
Tab.2 Selected pressing parameters for binderless cotton stalk particleboard

试验号	目标密度/(g·cm ⁻³)	蒸汽压力/MPa	喷蒸时间/min
1	0.65	1.0	7
2	0.70	1.0	7
3	0.75	1.0	7
4	0.80	0.6	10
5	0.80	1.0	4
6	0.80	1.0	7
7	0.80	1.0	10
8	0.85	1.0	7

3) 性能检测:压制好的棉秆无胶碎料板,经调湿调湿处理后,参照 GB/T 4897-2003《刨花板》和日本刨花板标准 JIS A 5908-2003,检测静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、内结合强度(IB)、2 h 与 24 h 吸水厚度膨胀率(TS)等性能指标。

2 结果与分析

2.1 棉秆无胶碎料板的 MOR(图 1)

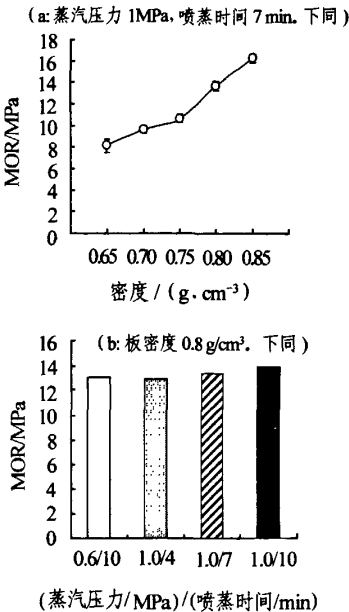


图 1 棉秆无胶碎料板的静曲强度
Fig.1 Modulus of rupture of binderless cotton stalk particleboard

2.1.1 密度的影响

从图 1a 可见,随着棉秆无胶碎料板密度的增加,MOR 明显上升,特别是密度从 0.75 g/cm³增大到 0.85 g/cm³时,MOR 的增幅达到 51%。对照 JIS A 5908-2003,当板密度为 0.65 g/cm³与 0.8 g/cm³时,MOR 可分别达到 8 型(8 MPa)与 13 型(13 MPa)刨花板的要求。对照 GB/T 4897-2003,当板的密度>0.8 g/cm³时,可满足干燥状态下普通用板、家具及室内装修用板的要求。

2.1.2 蒸汽压力与喷蒸时间的影响

如图 1b 所示,在本试验范围内,蒸汽压力与喷蒸时间对试板 MOR 的影响不显著。当蒸汽压力为 1 MPa 时,喷蒸时间从 4 min 延长至 10 min,MOR 仅提高 0.96 MPa(7.4%);固定喷蒸时间为 10 min,蒸汽压力由 0.6 MPa 增至 1 MPa 时,MOR 也仅提高 0.87 MPa(6.8%)。这是因为 MOR 取决于碎料本身的强度和碎料之间的胶合强度,随着蒸汽压力的增大和喷蒸时间的延长,原料降解程度提高,一方面有利于碎料间的自胶合,但另一方面也降低了碎料本身的强度,因而 MOR 变化不明显。

2.2 棉秆无胶碎料板的 MOE(图 2)

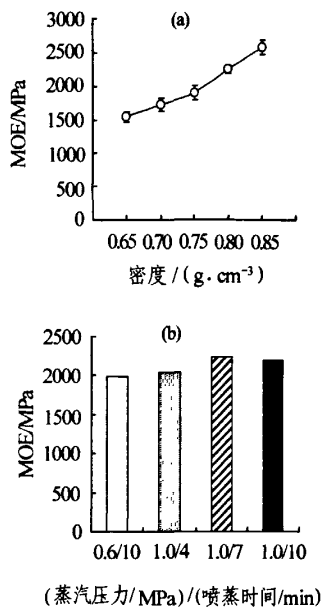


图 2 棉秆无胶碎料板的弹性模量
Fig. 2 Modulus of elasticity of binderless cotton stalk particleboard

2.2.1 密度的影响

从图 2a 可以看出,密度对 MOE 影响的趋势与 MOR 相似。当板密度为 0.75 g/cm³ 时,MOE 为 1 901 MPa,超过 GB/T 4897.3-2003 标准值(1 800 MPa);密度为 0.8 g/cm³ 与 0.85 g/cm³ 时,MOE 分别为 2 250、2 583 MPa,分别超过了 JIS A5908-2003 对 8 型(2 000 MPa)与 13 型(2 500 MPa)刨花板的要求。

2.2.2 蒸汽压力与喷蒸时间的影响

1 MPa/7 min 条件下制得的试板的 MOE,比 0.6 MPa/10 min、1 MPa/4 min 所得试板的 MOE 分别提高 12.7%、9.7%。因为在较高的蒸汽压力与较长的喷蒸时间的作用下,棉秆碎料得到充分的降解,形成牢固的结合,故试板的 MOE 增大;但蒸汽压力为 1 MPa,喷蒸时间从 7 min 延长到 10 min 时,试板的 MOE 反有所降低,可能是由于喷蒸时间过长,导致原料过分降解,从而影响板材强度。

2.3 棉秆无胶碎料板的 IB(图 3)

2.3.1 密度的影响

从图 3a 可以看出,试板的 IB 随着板密度的增大而显著提高。密度为 0.65 g/cm³ 的试板,IB 为 0.2 MPa,满足 JISA5908-2003 对 13 型刨花板的要求

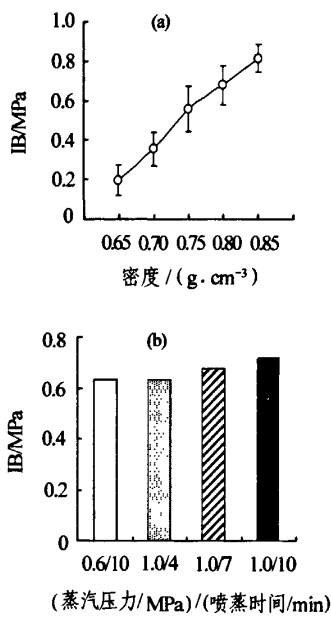


图 3 棉秆无胶碎料板的内结合强度
Fig. 3 Internal bond strength of binderless cotton stalk particleboard

(0.2 MPa);密度为 0.70 g/cm³ 的试板,IB 为 0.36 MPa,超过了 18 型刨花板的要求(0.3 MPa);密度为 0.85 g/cm³ 的试板,IB 值高达 0.82 MPa,远远超过 GB/T 4897.2-2003 对干燥状态下普通用板(0.28 MPa)、家具及室内装修用板的要求(0.4 MPa)。

2.3.2 蒸汽压力与喷蒸时间的影响

较高的蒸汽压力、较长的喷蒸时间条件下,所得试板的 IB 值略高。如 1 MPa/10 min 条件下试板的 IB 值,比 0.6 MPa/10 min 及 1 MPa/4 min 试板的 IB 值分别提高 13.6%与 14%。

通常无胶板的 IB 偏低,如蒸爆法制得的油棕叶无胶纤维板,当其密度 < 0.7 g/cm³ 时,IB < 0.1 MPa^[6];采用高温热压法制得的红麻秆无胶碎料板,当其密度为 0.6 ~ 0.75 g/cm³,IB 为 0.05 ~ 0.2 MPa^[7]。

本研究压制的棉秆无胶碎料板获得较高的 IB,主要是因为采用了有效的喷蒸热压法,在加压的同时进行喷蒸,板坯在整个厚度方向上迅速升温,原料产生降解,生成低分子量的物质,起到胶黏剂的作用。当然,棉秆无胶碎料板较高 IB 与原料本身的化学成分亦有关,相关化学成分变化及胶合机理,有待于进一步研究。

2.4 棉秆无胶碎料板的 TS(图4)

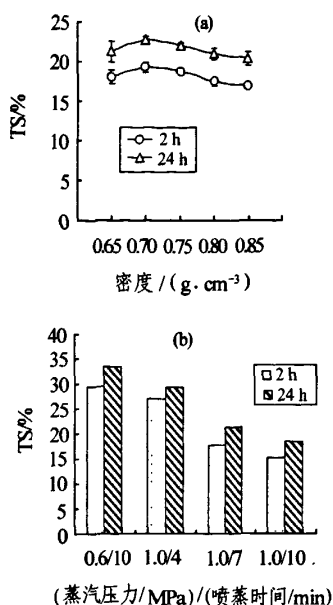


图4 棉秆无胶碎料板的吸水厚度膨胀率

Fig.4 Thickness swelling of binderless cotton stalk particleboard

2.4.1 密度的影响

在1 MPa/7 min的条件下制得的试板,浸水2、24 h后,其TS与密度间的关系如图4a所示。当板密度从0.65 g/cm³增至0.70 g/cm³,TS略有上升;随着密度继续增大,TS反而下降。总体上看,密度对TS的影响不显著,密度在0.65~0.85 g/cm³范围内,试板2 h TS为17.0%~19.3%。

试板TS大小一方面取决于碎料间的结合强度,另一方面受板材回弹的影响。密度大的板材,碎料间结合越紧密,水分不易进入,但在制板时原料的压缩比大,回弹亦大。由于二者的共同作用,虽然板密度增加,但其TS变化不大。

2.4.2 蒸汽压力与喷蒸时间的影响

如图4b所示,试板的TS随蒸汽压力的增大、喷蒸时间的延长而降低。0.6 MPa/10 min所得试板的2 h TS为29.4%,而1 MPa/10 min试板的2 h TS下降到15.2%。

本试验棉秆无胶碎料板的TS值比GB/T 4897-2003标准值偏高。主要原因是,棉秆原料比木材具有更高的吸湿吸水性,特别是棉秆皮,水抽出物含量很高,导致制品的吸水率及吸水厚度膨胀率增

高^[4,8]。本研究利用棉秆的全部成分,未去除棉秆皮,制板时也未施加防水剂,故试板的TS略高。

喷蒸热压的一大特点是能固定变形,因此,常用作提高材料尺寸稳定性的方法。笔者在红麻秆无胶碎料板的研究中发现,板材密度同为0.5 g/cm³时,喷蒸热压法试板的24h TS为11%,而普通热压法试板的24 hTS高达169%^[1],可见喷蒸热压法能有效控制板材的TS。通过去除部分棉秆皮、适当提高蒸汽压力或延长喷蒸时间、施加少量的防水剂等措施,还可进一步降低板材的TS。

3 结论

1) 采用喷蒸热压法压制棉秆无胶碎料板,随着板密度的增大,试板的MOR、MOE及IB明显增加,TS变化不大。

2) 喷蒸时间从4 min延长到10 min,蒸汽压力由0.6 MPa提高到1 MPa,棉秆无胶碎料板的TS明显下降,MOR、MOE及IB略有提高。

3) 较佳的制板工艺参数为:蒸汽压力1 MPa,喷蒸时间7~10 min。在此工艺条件下压制密度为0.8 g/cm³的棉秆无胶碎料板,其MOR、MOE、IB值均超过GB/T 4897-2003的要求,但TS略高,有待于进一步改进。

参考文献:

- [1] Xu Jianying, Han Guangping, Wong E.D, et al. Development of binderless particleboard from kenaf core using steam-injection pressing [J]. Journal of Wood Science, 2003, 49(4): 327-332.
- [2] Xu Jianying, Ryo Sugawara, Ragil Widyorini, et al. Manufacture and properties of low-density binderless particleboard from kenaf core [J]. Journal of Wood Science, 2004, 50(1): 62-67.
- [3] 杜珉,翟雪玲,徐欣,等.中国棉花产业调查报告[J].中国农垦, 2009(11):54-57.
- [4] 向仕龙,蒋远舟.非木材植物人造板[M].北京:中国林业出版社, 2001.
- [5] 何翠芳,周晓燕,朱亮.爆蒸法棉秆无胶纤维板热压工艺初探[J].林产工业,2009,36(1):15-17.
- [6] Laemsak N, Okuma M. Development of boards made from oil palm frond II: properties of binderless boards from steam-exploded fibers of oil palm frond [J]. J Wood Sci, 2000, 46(4): 322-326.
- [7] Matsumoto J, Harada S, Kajita H. The Techno trend [C]. Japan: The Adhesion Soc, 1999: 30-37.
- [8] 马红霞,于文吉,任丁华,等.棉秆中密度纤维板工艺技术的研究[J].木材工业,2006,20(3):4-6. (责任编辑 向琴)