

棉秆中密度纤维板工艺技术的研究

马红霞, 于文吉, 任丁华, 周 月

(中国林业科学研究院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 探讨以棉秆为原料生产中密度纤维板的主要生产工艺参数。试验结果表明,在板材密度 0.7 g/cm^3 、施胶量 12%、防水剂 1.5%、热压温度 180°C 、热压时间 15 s/mm 的最佳工艺条件下,棉秆中密度纤维板的各项力学性能均超过国家标准要求,但 24 h 吸水厚度膨胀率未达标,可能与棉秆原料自身特点有关。

关键词: 棉秆; 中密度纤维板; 纤维; 生产工艺

中图分类号:TS653 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2006)03-0004-03

Research on Manufacturing Technology for Cotton Stalk Based MDF

MA Hong-xia, YU Wen-ji, REN Ding-hua, ZHOU Yue

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors conducted a series of experiments to determine the manufacturing parameters for making MDF from cotton stalk. Results showed that cotton stalk could be used as one of the raw materials for MDF production. Optimum parameters obtained through the experiments were as follows: density 0.7 g/cm^3 , glue consumption 12%, water-resistant agent 1.5%, hot-pressing temperature 180°C and hot-pressing time 15 s/mm. Under these conditions, the boards had superior mechanical properties compared with the national standard. However, the 24h TS could not meet the standard requirement, owing to the character of the cotton stalk itself.

Key words: cotton-stalk; medium density fiberboard (MDF); fiber; production process

棉秆作为棉花种植剩余物,其纤维形态及其物理力学性能与木材最为接近,是众多农业剩余物中最早作为木材替代品生产人造板的原料之一。早在 20 世纪 60 年代,国内外研究人员就对利用棉秆生产人造板进行了研究,并且在 1968 年,伊朗建立了世界上首家棉秆碎料板厂。

我国棉秆人造板的研究始于 70 年代^[1-2],到 90 年代中后期陷入低潮。其原因一方面是由于生产工艺设计和板材性能等方面存在一些问题,另一方面当时我国市场上人造板原料仍以木材为主。

林业六大工程实施以来,我国木材供应量急剧下

降,特别是近几年来,木材短缺给人造板行业带来了巨大的压力。棉秆作为与阔叶树材最相近的农业剩余物,再度被人造板企业所看好。在当前形势下,利用棉秆发展人造板工业,不仅有助于棉区充分利用闲置的棉秆资源,而且可缓解木材资源供需紧张的矛盾,具有积极的社会和生态效益。

本试验通过探讨棉秆中密度纤维板的生产工艺特点,以及工艺因子对板材物理力学性能的影响,为棉秆 MDF 的产业化制定工艺参数提供依据。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

棉秆(*Gossypium* spp.):产自河北徐水地区。原料通过 QM6 型热磨机磨成纤维,干燥至含水率 4% 备用。棉秆纤维筛分值如表 1 所示。

收稿日期:2005-10-26; 修改稿:2006-04-20

基金项目:国家高技术研究发展计划(863)(2002AA245181)“木材(竹材)/农业剩余物纤维复合材料制造技术”。

作者简介:马红霞(1981—),女,中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者:于文吉,中国林科院木材工业研究所研究员,博士。

表 1 棉秆纤维的筛分值
Tab. 1 The screening value of cotton-stalk fiber

目数	>+6	-6/+8	-8/+20	-20/+30	-30/+42	-42/+60	<-60
筛分值/%	39.84	15.01	26.89	11.18	0.38	2.02	4.68

胶黏剂:三聚氰胺改性脲醛树脂,购自北京克诺森华胶黏剂厂。性能指标为:固体含量(56±1)%,黏度 12~14 s,固化时间 90~120 s,pH 值 8.2~8.8,游离醛 0.15%。

固化剂:20%的氯化铵溶液,施加量为固体树脂的 1%。

防水剂:石蜡乳液,固体含量 25%,自制。

1.2 试验设计

1.2.1 板材最佳密度的确定 密度对人造板板材性能、生产成本有直接的影响。为减小试验误差,首先对棉秆 MDF 的密度进行了单因子试验,试验水平为 0.65、0.7 和 0.75 g/cm³。其他工艺条件为:施胶量 12%;热压采用两段加压法:高压段压力为 3 MPa,低压段压力为 1.5 MPa;热压温度为 180 ℃,热压时间为 25 s/mm。

1.2.2 主要工艺参数的优化 采用 L₁₈(3⁷)正交表安排试验,确定棉秆 MDF 最佳工艺参数,试验因子及水平见表 2。

表 2 试验因子及水平
Tab. 2 The experimental factors and their levels

水平	因子			
	施胶量/ %	防水剂/ %	热压时间/ (s·mm ⁻¹)	热压温度/ ℃
1	8	0.5	15	160
2	10	1.0	20	180
3	12	1.5	30	200

1.3 制板工艺

纤维原料在间歇式干燥机中与胶粘剂等添加剂混合均匀,手工铺装,板坯规格 300 mm×300 mm,经预压后进行热压,采用厚度规控制厚度(12 mm)。热

压工艺参数同 1.2.1 节。
1.4 性能检测
根据 GB/T 11718-1999《中密度纤维板》,检测板材的静曲强度(MOR)、内结合强度(IB)、24 h 吸水厚度膨胀率(TS)指标。每个试验条件重复 3 次,同一条件下 MOR 检测试验重复 9 次,IB 和 24h TS 指标检测重复 12 次。

2 试验结果及分析

2.1 密度对板材性能的影响

表 3 是不同密度条件下,棉秆 MDF 的性能检测结果。可以看出,随着密度的增加,板材的 MOR、IB 和 24 h TS 三项指标都有不同程度的增加。板材 MOR 随密度增加有增大的趋势,但增长幅度相对较小。板材密度达到 0.7 g/cm³ 时,MOR 可达到国家标准要求;与大多数木材 MDF 相比,棉秆 MDF 的 IB 性能较高,密度为 0.65 g/cm³ 时就已达到国家标准优等品的要求;棉秆 MDF 的 24 h TS 指标随密度增加而呈增大趋势,主要是由于密度增大,相同体积板材吸湿点增多;此外,板材内孔隙度减小,不利于板材内应力释放,也会导致板材 TS 增大。

综合上述分析结果,板材密度以 0.7 g/cm³ 最佳。

表 3 密度对棉秆 MDF 性能的影响
Tab. 3 Properties of cotton-stalk based boards with different densities

密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/MPa			IB/MPa			TS(24h)/%		
	平均	标准	变异系	平均	标准	变异系	平均	标准	变异
	值	差	数/%	值	差	数/%	值	差	系数
0.65	19.0	1.05	5.52	0.69	0.07	10.86	23.7	1.78	7.53
0.70	22.9	2.26	9.86	0.75	0.07	9.45	24.1	2.20	9.15
0.75	23.8	2.22	9.31	1.06	0.05	4.51	25.9	1.09	4.21

2.2 主要工艺参数对板材性能的影响

4 项工艺参数因子在不同水平时,对板材性能指标的影响见表 4 和图 1。

表 4 正交试验结果
Tab. 4 The orthogonal experimental result

试验号	因子与水平				MOR/MPa			IB /MPa			TS(24h)/%		
	施胶量	防水剂加量	热压温度	热压时间	平均值	标准差	变异系数/%	平均值	标准差	变异系数/%	平均值	标准差	变异系数
1	1	1	1	1	19.6	0.92	4.69	0.56	0.05	9.79	35.0	2.7	7.8
2	1	2	2	2	21.7	1.03	4.72	0.57	0.04	6.92	25.9	2.8	10.8
3	1	3	3	3	20.0	1.22	6.09	0.56	0.06	11.40	18.6	1.8	9.6
4	2	1	2	3	23.0	0.96	4.16	0.68	0.08	11.93	25.2	2.6	10.2
5	2	2	3	1	23.7	2.27	9.58	0.66	0.06	8.31	26.7	3.1	11.8
6	2	3	1	2	21.3	1.37	6.42	0.69	0.06	8.05	24.3	1.8	7.2
7	3	1	3	2	22.3	1.16	5.19	0.75	0.05	6.91	24.5	1.1	4.6
8	3	2	1	3	23.3	1.96	8.41	0.76	0.08	10.00	23.9	2.2	9.3

续表

试验号	因子与水平				MOR/MPa			IB /MPa			TS(24h)/%		
	施胶量	防水剂加量	热压温度	热压时间	平均值	标准差	变异系数/%	平均值	标准差	变异系数/%	平均值	标准差	变异系数
9	3	3	2	1	25.9	1.31	5.06	0.75	0.08	10.77	14.9	1.4	9.5
10	1	1	2	2	20.2	1.02	5.06	0.60	0.06	10.72	33.4	3.4	10.3
11	1	2	3	3	21.1	0.96	4.57	0.52	0.04	8.44	18.8	1.4	7.4
12	1	3	1	1	20.2	1.95	9.66	0.56	0.04	6.96	31.1	1.4	4.5
13	2	1	1	3	22.2	1.06	4.78	0.71	0.06	7.99	30.2	1.9	6.4
14	2	2	2	1	23.0	1.41	6.11	0.68	0.06	9.00	26.3	2.0	7.6
15	2	3	3	2	23.4	1.18	5.04	0.66	0.06	9.78	19.9	2.1	10.7
16	3	1	3	1	22.3	1.47	6.58	0.77	0.07	9.69	20.3	2.2	10.6
17	3	2	1	2	23.5	1.92	8.18	0.75	0.05	6.64	25.9	2.3	9.0
18	3	3	2	3	22.5	1.58	7.05	0.73	0.05	7.30	14.5	0.99	6.8

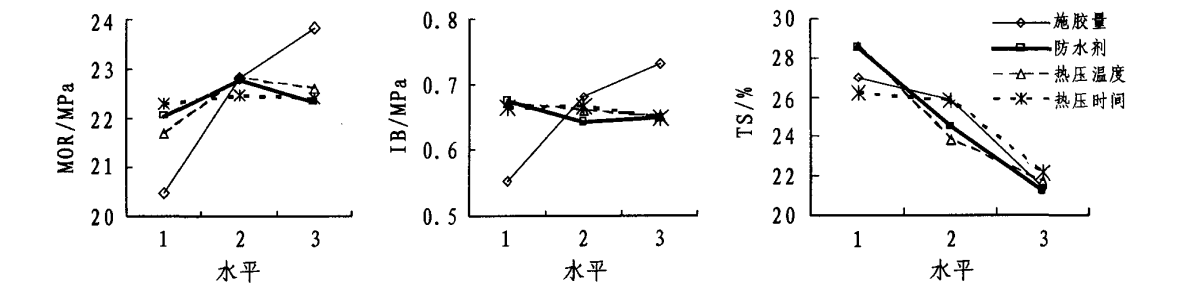


图1 试验因子对板材各项性能的影响
Fig. 1 The effect of experimental factors on board properties

2.2.1 对板材 MOR 的影响 从表 4 和图 1 可知,施胶量对板材的 MOR 影响非常显著,施胶量越大,纤维间结合越牢固,MOR 越高;随热压温度升高,板材的 MOR 呈先增大后降低的趋势,在热压温度 180℃时达到最大。这是由于棉秆纤维中粗纤维占相当比例(见表 1),较高的热压温度有利于提高纤维塑性,增加纤维间的接触面积。但是温度过高,板面易形成预固化层,纤维或胶黏剂等也易发生降解,反而使板材 MOR 降低。试验中也发现,200℃温度下,板材板面颜色较深;防水剂添加量、热压时间对板材 MOR 影响不显著。

2.2.2 对板材 IB 的影响 从图 1 中可以看出,板材的 IB 随施胶量的增加呈明显增加的趋势,最高值为 0.77 MPa,达到了国家标准对优等品的要求;防水剂对板材 IB 有显著影响。随防水剂加入量的增加,板材 IB 呈降低的趋势,但仍远高于国家标准的要求;热压温度和热压时间对板材 IB 没有显著影响。

2.2.3 对板材 24h TS 的影响 增加胶黏剂用量可明显降低板材 24h TS;防水剂的加入对提高板材耐水性能亦有显著改善作用。随着防水剂加入量的增加,板材的 24h TS 从 28%降到 21%,但仍未达到国家标准要求。这主要与棉秆原料的化学成分有关,特别是棉秆皮中有机杂质较多,水抽提物更是高达

16%以上^[3],因此,棉秆本身具有较高的吸湿吸水性,导致了板材吸水性亦较高。

板材 24h TS 随热压温度升高而降低,原因是热压温度升高,有利于胶黏剂充分固化,同时,半纤维素等吸湿性高的成分,在一定温度下水解形成糠醛,因而提高纤维间的结合性能和耐水性能^[4]。但温度过高板面易出现降解现象。板材的 24h TS 受热压时间的影响不显著,但随热压时间的延长有降低的趋势。一方面与胶黏剂的固化程度有关,另一方面棉秆纤维比较蓬松,板材压缩比大,热压过程中板材锁定的内应力较高。热压时间延长可能有利于板材内残余应力的平衡。后续试验中,可考虑通过一定温度和时间的板材后处理,释放板材内的残余应力,来降低板材的 TS。

综合上述分析,本试验确定最佳工艺条件为:施胶量 12%,防水剂添加量 1.5%,热压温度 180℃,热压时间 15 s/mm。以此工艺压制的棉秆 MDF 的 MOR 为 24.2 MPa,IB 为 0.62 MPa,24h TS 为 16.8%。其中板材 24h TS 仍未达标,后续试验可考虑增加防水剂用量到 2%,或对原料进行蒸汽预处理、板材热压后处理等方法,以进一步降低板材的 TS。

(下转第 19 页)

变化的环境下,由于灰尘和稻壳、聚乙烯等热膨胀、湿膨胀不同,使得裂纹明显地增多、增大。随着大量的灰尘、水分的不断深入,加速了材料的破坏,影响到材料的最终使用寿命。

从以上的分析中,似乎电泳分析和力学分析得出的结果相悖:一个是随时间延长,材料强度上升;一个是随时间延长,裂隙加大,材料老化、性能下降。实际上材料强度上升是短期事实,亦是一种有害的变化,主要是由于木塑复合材料中,基体物质热塑性塑料的交联老化,所产生的短期内材料变硬现象所致。在长时间气候作用后,其强度会骤然减弱。两者分析的结果是相一致的。

3 结论

自然气候条件下,小尺寸试件吸湿的增重量变化幅度远高于大尺寸试件的变化幅度;木塑复合材料的



(上接第 6 页)

3 结论

1) 密度对棉秆 MDF 材性能有直接影响。从试验结果显示,棉秆 MDF 密度以 0.7 g/cm^3 为宜。

2) 通过正交试验,确定最佳棉秆 MDF 主要工艺参数为:施胶量 12%,防水剂添加量 1.5%,热压温度 180°C ,热压时间 15 s/mm 板厚。

3) 棉秆中密度纤维板具有较高的力学性能,但由于原料本身吸水性高,导致板材 24 h TS 偏高。可考虑增加防水剂用量到 2%,或采用原料预处理、板材后处理等方法,进一步降低板材的 TS。



(上接第 13 页)

2) 经过实际运行检验,当刨花给料采用非恒流量皮带供料系统时,考虑到供胶流量与泵转速间较强的线性关系,宜采用开环比例控制,辅以 PID 闭环控制,作为其控制参数整定的手段,可获得较佳的控制效果,同时具有很强的自适应性。据此专门设计的智能化控制仪表,功能相对独立,扩展性能良好。

3) 智能仪表通过 RS485 总线和特定通讯协议,与上位 PC 机或 PLC 相连,可灵活构建一个单机系统或一定规模和形式的工控网络。无论何种形式,系统对上位机的依赖度不高,使投资成本大为下降,而上位机利用工控组态软件,可设计出性能优异、极具动感和便于数据集中管理的人机界面,提升调供胶控制系统水平。

万方数据

MOR 和 MOE 在试验初期随时间延长均有不同程度的增加,其中 MOE 增加最为明显,抗压强度变化甚微,抗冲击强度经户外暴露后性能下降也较为明显;木塑复合材料本身表面所存在的大量微细裂纹,是导致材料性能下降的主要原因。

参考文献:

- [1] 曾竟成,罗青,唐羽章. 复合物理化性能[M]. 国防科技大学出版社,1998.
- [2] ANDREIA C, T JOSEANE, GULMINE V et al. The effect of accelerated aging on the surface mechanical properties of polyethylene[J]. Polymer Degradation and Stability, 2003(81): 367-373.
- [3] CARRASCO F, PAGÈS P, PASCUAL S, et al. Artificial aging of high-density polyethylene by ultraviolet irradiation[J]. European Polymer Journal, 2001(37): 1457-1464.

(责任编辑 姜 征)

参考文献:

- [1] 杨振雄. 试论棉秆人造板生产技术特点[J]. 林产工业, 1988(1): 18-29.
- [2] 涂平涛. 非木材植物纤维作为人造板生产原料的有关问题研讨[J]. 建筑人造板, 1995(1): 16-22.
- [3] 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.
- [4] 蒋远舟, 向仕龙, 龙中芳. 无胶干法硬质纤维板热压工艺的探讨[J]. 中南林学院学报, 1990(1): 87-91.

(责任编辑 姜 征)

参考文献:

- [1] 南生春, 傅万四. PLC 在人造板调供胶控制中的应用[J]. 木材加工机械, 2003(6): 18-20.
- [2] 傅万四. 人造板调供胶应用技术研究[J]. 木材加工机械, 2003(5): 21-23.
- [3] 邹伯敏. 自动控制理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002(3): 261-262.
- [4] 张涌涛. 乳化沥青生产中油水流量开环控制方法[J]. 化工自动化及仪表, 1997(2): 48-52.
- [5] 庞庆海. 人造板机械装备[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1997: 220-233.
- [6] 王宇清. 流体力学泵与风机[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 147-186.
- [7] SHINSKEY F G. Flow and pressure control using variable-speed motor [C]. Control Engineering Conf, Chicago, May 1982.

(责任编辑 向 琴)