

棉秆特性及其重组板材的研究

宋孝周, 郭康权

(西北农林科技大学 机械与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为探讨主要工艺参数对棉秆重组板材性能的影响,在分析棉秆构造和化学特性的基础上,分别在不同设计密度(0.6,0.7,0.8,0.9,1.0 g/cm³)、不同施胶量(60,80,100,120,140 g/kg)、不同防水剂施加量(0,5,10,15,20 g/kg)以及不同组坯方式(平行和垂直交叉)的条件下压制板材,并对其性能进行了检测。结果表明,棉秆主要由表皮部、木质部和髓芯部组成,棉秆中纤维素、木素的含量与木材相近,但灰分及抽提物含量明显高于木材;棉秆重组板材的静曲强度(MOR)随其密度的增加而增大;施胶量由 60 g/kg 增加到 100 g/kg 时,板材的静曲强度和内结合强度(IB)均明显升高,但当施胶量由 100 g/kg 升高到 140 g/kg 时,静曲强度变化不大,内结合强度则略有下降;增加石蜡用量能够提高棉秆重组板材的耐水性,施加量为 15 g/kg 时的 2 h 吸水厚度膨胀率(2 h TS)已达到刨花板国标的要求;平行组坯时,棉秆重组板材顺纤维方向的干缩率小于横向,横纹干缩率约为顺纹的 2.31 倍;重直交叉组坯时长宽方向的干缩率基本相同。棉秆是制造重组材的适用材料;以棉秆为原料、酚醛树脂(PF)为胶粘剂制造的棉秆重组材,其物理力学性能达到了刨花板的国标要求;板坯密度、施胶量、防水剂和组坯方式对棉秆重组材的性能影响较大,必须综合考虑来确定具体的数值或用量。

[关键词] 棉秆特性;棉秆重组材;制造工艺;板材性能

[中图分类号] TS563.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)11-0106-05

Research on characteristic of cotton-stalk and its scrimber

SONG Xiao-zhou, GUO Kang-quan

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract : In order to study the principles that the main processing variables brought about influences on properties of cotton-stalk scrimber, the article analyzed the structure and chemical properties of cotton-stalk. Under the different conditions with different density (0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 g/cm³), different glue consumption (60, 80, 100, 120, 140 g/kg), different consumption of water repellent (0, 5, 10, 15, 20 g/kg) and different lay-up, the cotton-stalk scrimber was manufactured and its property was tested. The result showed that cotton-stalk consisted of epidermis, xylem and pith. Cellulose and lignin content of cotton-stalk were similar to those of wood. Ash and extractive content of cotton-stalk were much higher than those of wood. MOR of cotton-stalk scrimber increased with the increasing of its density. When the glue consumption increased from 60 g/kg to 100 g/kg, MOR and IB of panel increased obviously. MOR increased slightly and IB fell off slightly at the range of 100 g/kg to 140 g/kg of glue consumption. As the addition of paraffin increased, up to an value of 15 g/kg, 2 h TS of panel could meet the standard requirement of particleboard. When the lay-up of panel was parallel, drying shrinkage rate of cross grain was 2.31 times as many as that of long grain. Drying shrinkage rates in the direction of the length and width were approximately equal when the lay-up was cross. It was concluded that cotton-stalk was suitable for making scrimber. The prop-

收稿日期] 2006-09-25

[作者简介] 宋孝周(1974-),男,陕西户县人,讲师,在读博士,主要从事木质资源利用研究。

erties of cotton-stalk scrimber could meet the standard requirement of particle board. Density, glue consumption, water repellent and lay-up had great influences on properties of cotton-stalk scrimber, whose values could be given a synthetic consideration.

Key words: cotton-stalk characteristic; cotton-stalk scrimber; manufacturing technique; properties of panel

我国是农业大国,每年可供收集利用的农作物秸秆总量在 6 亿 t 以上^[1],以农作物秸秆为原料,发展新型农作物秸秆板材工业,对于合理解决秸秆资源利用、提高农民收入、节约木材资源、保护生态环境具有重要的现实意义。目前,国内外研究和应用最广的是麦秸和稻草人造板,已建成的厂家几乎都以异氰酸酯为胶粘剂,采用传统人造板工艺对原料进行破碎或纤维分离,产品主要以普通刨花板为主,品种少、结构单一,急需开发各类新型的农作物秸秆人造板,以适应不同的市场需求^[2-4]。

我国是世界上第二大产棉国,棉秆资源极为丰富,由于棉秆的木质化程度较高,纤维形态及其物理力学性能与木材较为接近,是比较理想的代木材料。目前,对于棉秆人造板的研究主要集中在棉秆刨花板和纤维板方面,这些研究都是将棉秆破碎或加工成纤维后制成板材,不仅未充分利用棉秆自身的强度性能,而且增加了能源和胶料的消耗。如将棉秆直接利用,充分利用其本身结构及强度性能,生产类似于重组木结构的棉秆重组板材,则可避免上述不足。目前,几乎未见有关棉秆重组板材研究的文献资料^[5-10]。本研究在分析棉秆原料的构造和化学特性的基础上,通过单因素试验探索了主要工艺参数的变化对棉秆重组板材性能的影响,以期合理制定棉秆重组板材的生产工艺提供参考,为棉秆资源的高效利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 棉秆 棉秆取自陕西蒲城棉花主产区,系细绒抗虫棉,自然风干后含水率在 150 g/kg 左右。

1.1.2 试剂及设备 胶粘剂:水溶性酚醛树脂胶,购于武功人造板厂,固体树脂含量 44%,黏度 280~300 mPa·s(20℃);防水剂:石蜡乳液,固体含量 51%;QD-100 型电热试验压机(幅面 500 mm×500 mm)、碾压机(自制)、干燥箱、万能力学实验机、PQ-2 型喷枪等。

1.2 棉秆的构造与化学特性分析

棉秆化学成分的测定按照国家标准中造纸原料

各项化学成分的测定方法进行,取样部位为距棉秆根部向上 40 cm 处,粉碎后过 40 目筛。棉秆的构造主要通过光学显微镜观察确定。

1.3 主要工艺参数对棉秆重组板材性能的影响

1.3.1 密度 在施胶量为 100 g/kg、不加防水剂、组坯方式为垂直交叉的 3 层结构、热压条件固定、设计密度分别为 0.6、0.7、0.8、0.9 和 1.0 g/cm³ 的条件下压制板材,并进行性能检测,分析板材密度变化与静曲强度的关系。

1.3.2 施胶量 在设计密度为 0.8 g/cm³、不加防水剂、组坯方式为垂直交叉的 3 层结构、热压条件固定、施胶量分别为 60、80、100、120 和 140 g/kg 的条件下压制板材,并进行性能检测,分析施胶量变化与板材静曲强度、内结合强度和吸水厚度膨胀率的关系。

1.3.3 防水剂 在设计密度为 0.8 g/cm³、施胶量为 100 g/kg、组坯方式为垂直交叉的 3 层结构、热压条件固定、石蜡施加量分别为 0、5、10、15 和 20 g/kg 的条件下压制板材,并进行性能检测,分析石蜡施加量与板材 2 h 吸水厚度膨胀率的关系。

1.3.4 组坯方式 在设计密度为 0.8 g/cm³、施胶量为 100 g/kg、不加防水剂、热压条件固定、组坯方式分别为平行和垂直交叉 2 种情形下压制板材,并检测性能,分析组坯方式对重组材干缩率的影响。

根据前期预试验的结果,上述试验中固定的其他工艺参数为:将软化处理过的棉秆均匀送入碾压机中,经过反复加工(一般需要 3~5 次)得到帘片状的网状棉秆束;然后放入烘箱中,在 100℃ 高温下快速干燥至含水率为 60~80 g/kg;把干燥后的棉秆束置于喷胶槽内,将称量好的胶粘剂用喷枪均匀地喷在棉秆束的表面上,喷胶的空气压力小于 4 kg/cm²;用手工将棉秆束均匀铺装成板坯,板坯含水率控制在 130 g/kg,经预压和热压后制成 400×400×12 mm 的棉秆重组材,预压单位压力 1.5 MPa、时间 2 min,热压温度 140℃、时间 20 min,采用二段升压三段降压的热压曲线,由于使用厚度规,PMAX 没有定值,一般在 4.0 MPa 左右,如图 1 所示。板材的性能检测参照刨花板国家标准 GB/T 4897.2-2003 进行。

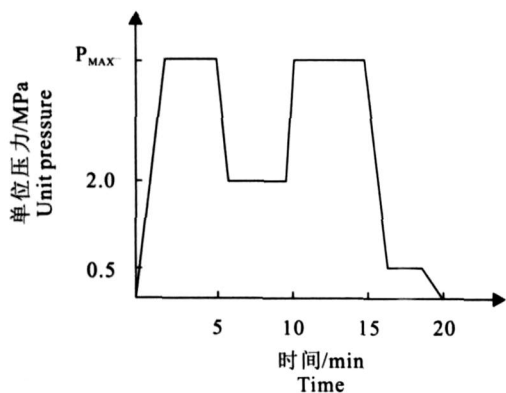


图 1 棉秆重组板材的热压曲线

Fig. 1 Hot pressing curve of cotton stalk scrimber

2 结果与分析

2.1 棉秆的特性

棉秆作为制造重组板材的原料,其化学组成和物理特性与制板工艺及重组板材的物理力学性能均有极其密切的关系。表 1 为棉秆与几种木材化学成分的比较,其中木材有关数据引自参考文献[11]。由表 1 可知,棉秆中纤维素、木素的含量与木材相近,说明棉秆是重组板材生产的合适原料;而灰分含

量、冷、热水抽提物含量和 10 g/L NaOH 抽提物含量均明显高于木材,说明棉秆与木材存在一些差异,灰分中 65 % 为 SiO₂,会阻碍脲醛胶的胶合,影响棉秆重组板材的制板强度;棉秆的 10 g/L NaOH 抽提物含量较高,板坯在热压时容易粘板。此外,抽提物含量高,加之棉秆中聚戊糖的含量也较高,造成棉秆的吸湿膨胀性能较高,最终会导致棉秆重组板材的吸水厚度膨胀率较大。

从棉秆横断面观察,棉秆主要由表皮部分、木质化部分和髓芯部分组成,这 3 部分分别占棉秆总质量的 30 %、65 % 和 4.5 %。棉皮属韧皮纤维,韧性很强,会给原料的切断、干燥和铺装造成困难,加之棉皮中灰分含量大,板坯中棉皮含量高时会影响板面的颜色,因此制造重组材时应考虑去皮使用;木质化部分主要由导管、木纤维、射线、轴向薄壁组织等组成,其中木纤维在棉秆内起骨架作用,其含量越高,重组材制品强度越大;髓芯呈不规则卵圆形,系由薄壁细胞组成,强度低而易碎,吸水性较强,拌胶时髓芯会吸收大量的胶液而影响胶合强度,是制造重组材的不利因素^[12-14]。

表 1 棉秆和几种木材化学成分的比较

Table 1 Comparison of chemical composition of cotton stalk and some woods

名称 Names	灰分/ % Ash	抽提物/ % Extractive			纤维素/ % Cellulose	木素/ % Lignin	聚戊糖/ % Pentosan
		冷水 Cold water	热水 Hot water	10 g/L NaOH			
棉秆 Cotton stalk	3.6	8.12	25.65	29.53	41.26	23.16	20.76
桦木 Birch	0.82	1.69	2.36	21.20	42.16	23.91	25.90
马尾松 Pinus massoniana	0.33	2.21	6.73	22.87	51.86	28.42	8.94
云杉 Picea aspoerata	0.78	1.42	2.68	12.43	46.92	28.43	11.62

2.2 棉秆重组板材密度与静曲强度关系

表 2 为棉秆重组板材密度与静曲强度的关系。由表 2 可以看出,当棉秆重组材的密度由 0.61 g/cm³ 提高到 0.99 g/cm³ 时,其静曲强度提高了 79.04 %,这是因为板材密度的增加其内断面上承受荷载的实质性物质增加,单位体积内所包含的细胞壁物质增加,棉秆束之间的接触更加紧密,提高了胶

结效果,因而静曲强度增加。但是棉秆重组板材的密度也不应过大,因为密度太大,坯料过厚,压制时需要较大的压力,容易将棉秆束纤维压溃,导致板材强度下降;另外,密度太大,板材内应力相应增大,板材在陈放一段时间后易产生翘曲变形。综合考虑板材的性能和用途认为,棉秆重组板材的设计密度以 0.8 g/cm³ 比较合适。

表 2 棉秆重组板材密度与静曲强度的关系

Table 2 Relationship between density and MOR of panel

设计密度/ (g · cm ⁻³) Designing density	实测密度/ (g · cm ⁻³) Measured density	板材含水率/ (g · kg ⁻¹) Moisture content	静曲强度/ MPa MOR
0.6	0.61	54.0	38.78
0.7	0.72	54.3	40.16
0.8	0.80	54.1	47.76
0.9	0.91	54.5	56.21
1.0	0.99	54.1	69.43

2.3 施胶量与棉秆重组板材性能的关系

合强度及 2 h 吸水厚度膨胀率的关系。

表 3 是施胶量与棉秆重组板材静曲强度、内结

表 3 施胶量与棉秆重组板材性能的关系

Table 3 Relationship between glue consumption and properties of panel

施胶量/ (g · kg ⁻¹) Glueconsumption	实测密度/ (g · cm ⁻³) Measured density	静曲强度/ MPa MOR	内结合强度/ MPa IB	2 h 吸水厚度膨胀率/ % 2 h TS
60	0.81	37.13	0.51	16.71
80	0.80	42.57	0.74	15.32
100	0.80	47.76	0.89	14.67
120	0.79	48.56	0.86	14.01
140	0.81	49.12	0.83	13.42

由表 3 可见,随着施胶量由 60 g/ kg 增加到 100 g/ kg,棉秆重组板材的静曲强度和内结合强度均明显升高;但当施胶量由 100 g/ kg 升高到 140 g/ kg 时,静曲强度变化不大,内结合强度则略有下降。这是因为棉秆束的单位表面积小,空隙少,施胶量过大,胶液并不能全部浸润到木束内,多余的胶液被挤出,故静曲强度提高并不明显。此外,胶液过多,会在板材内部形成胶结合层,而胶层内结合强度小,易被破坏,从而导致板材的内结合强度有所降低。综合考虑认为,施胶量采用 100 g/ kg 较为合适。

由表 3 还可以看出,2 h 吸水厚度膨胀率随施胶量的增加而递减,但因未施加防水剂,板材吸水膨胀率未能达到刨花板 GB/ T 4897.2 - 2003 的要求(国标要求 2 h 吸水厚度膨胀率 8.0 %) [15]。这是因为,棉秆本身具有较高的吸湿吸水性,导致其重组板材吸水性亦较高。

2.4 防水剂用量与棉秆重组板材吸水性能的关系

表 4 为石蜡用量与棉秆重组板材 2 h 吸水厚度膨胀率的关系。

表 4 石蜡用量与棉秆重组板材性能的关系

Table 4 Relationship between paraffin consumption and properties of panel

石蜡用量/ (g · kg ⁻¹) Paraffin consumption	实测密度/ (g · cm ⁻³) Measured density	静曲强度/ MPa MOR	2 h 吸水厚度膨胀率/ % 2 h TS
0	0.80	47.76	14.67
5	0.81	47.73	12.72
10	0.82	47.72	10.06
15	0.79	47.70	7.63
20	0.80	45.81	7.01

由表 4 可见,增加石蜡的施加量能够提高板材的耐水性,石蜡施加量为 15 g/ kg 时,板材的 2 h 吸水厚度膨胀率已达到刨花板 GB/ T 4897.2 - 2003 的要求;棉秆重组板材的静曲强度随石蜡施加量的增加而降低,这是由于石蜡阻碍了棉秆束间相互结合的结果。由于刨花板国标仅要求 12 mm 厚板材静曲强度大于 12.5 MPa [15],故石蜡用量在 0 ~ 20 g/ kg 时,棉秆重组板材的静曲强度都能满足国标要

求,故在确定石蜡用量时,可以只考虑吸水厚度膨胀率的指标。综合考虑认为,棉秆重组板材石蜡施放量以 15 g/ kg 为宜。

2.5 组坯方式与棉秆重组板材干缩性能的关系

棉秆重组材和天然木材一样,会随着含水率的变化而发生干缩和湿胀。表 5 为不同组坯方式与棉秆重组板材干缩性能的关系。

表 5 棉秆重组板材组坯方式与板材干缩率的关系

Table 5 Relationship between lay-up and drying shrinkage rate of panel

组坯方式 Lay-up	方向 Direction	气干尺寸/ mm Air-dried dimension	绝干尺寸/ mm Absolute dry dimension	干缩率/ % Drying shrinkage rate	干缩比 Drying shrinkageration
平行 Parallel	顺纹 Long grain	20.04	19.72	1.57	2.31
	横纹 Cross grain	19.99	19.27	3.62	
垂直交叉 Cross	长 Length	19.97	19.86	0.57	1.09
	宽 Width	20.12	20.01	0.52	

由表 5 可见,组坯方式不同,棉秆重组板材各方向的干缩率也不同;平行组坯时,顺纤维方向的干缩

率小于横向,横纹干缩率约为顺纹的 2.31 倍;垂直交叉组坯时,长、宽方向的干缩率基本相同,而且均

比平行组坯时小,此结果与胶合板垂直交叉组坯时的干缩情况相同^[16]。通过以上结果可知,棉秆重组板材具体选用何种组坯方式,应根据板材的用途来综合考虑决定。

3 讨论与结论

(1) 棉秆是一种制造重组板材的适宜原料,但在制定生产工艺时必须考虑棉秆的特性。

(2) 将棉秆重组材同 GB/T 4897.2 - 2003 中刨花板的理化性能指标(静曲强度 12.5 MPa,内结合强度 0.28 MPa,2 h 吸水厚度膨胀率 8.0%)^[15] 相比较发现,以棉秆为原料、酚醛树脂为胶粘剂制造的棉秆重组板材,其物理力学性能均达到甚至超过刨花板。

(3) 板坯密度、施胶量、防水剂和组坯方式对棉秆重组板材的性能影响较大,必须综合考虑来确定具体的数值或用量。

(4) 由于棉秆灰分含量大,10 g/L NaOH 提取物含量高,本试验中,棉秆均经过先蒸煮再剥皮处理,这样可以降低施胶量和防止粘板。但是考虑到棉秆中棉皮含量较大,又含有大量的韧皮纤维,剥皮会增加成本,因此在实际生产中必须进一步深入研究棉皮的合理利用。

[参考文献]

[1] 于文吉,马红霞. 农作物秸秆人造板发展现状与应用前景[J].

木材工业,2005,20(7):5-9.

[2] 张威振. 稻草板的研究生产与应用[J]. 广东建材,2005,22(2):25-27.

[3] 汪华福. 发展农业剩余物人造板工业是解决木材供需矛盾的有效途径[J]. 建筑人造板,1998,16(2):17-20.

[4] 周定国. 农作物秸秆人造板开发现状、难点、风险和建议[J]. 林产工业,2002,29(2):3-6.

[5] 孙照斌,马兰菊. 试论棉秆的工业化利用[J]. 建筑人造板,2001,19(3):20-24.

[6] 李凯夫,彭万喜. 国内外秸秆制人造板的研究现状与趋势[J]. 世界林业研究,2004,17(2):34-36.

[7] 朱一辛,关明杰. 木竹重组材抗弯性能的研究[J]. 南京林业大学学报,2004,28(4):59-62.

[8] 姜新波. 重组木的生产性试验[J]. 林产工业,2001,28(4):12-15.

[9] 孟庆军,张莲杰. 试论我国重组木工业化[J]. 林业机械与木工设备,2003,31(12):7-10.

[10] 汪孙国. 农作物秸秆人造板:性能、问题与脲醛树脂胶合技术[J]. 人造板通讯,2001,26(11):12-18.

[11] 徐学耘. 棉秆原料的初步分析[J]. 建筑人造板,1998,16(5):27-30.

[12] 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.

[13] 杨振雄. 试论棉秆人造板生产技术特点[J]. 林产工业,1988,15(1):18-29.

[14] 谢同云. 浅析影响棉秆复合板质量的主要因素和对策[J]. 安徽机电学院学报,1999,14(3):45-47.

[15] 刘亚兰. 木制品质量检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

[16] 陆仁书. 胶合板制造学[M]. 北京:中国林业出版社,1995.