

汽爆压力对无胶棉秆纤维板性能的影响

何翠芳, 周晓燕, 朱 静, 王思敏

(南京林业大学, 江苏南京 210037)

摘要: 不添加任何化学助剂, 在不同汽爆压力下进行棉秆解纤, 将解纤后的纤维热压制成无胶纤维板。分析了汽爆压力对棉秆纤维形态、化学成分以及无胶纤维板产品性能的影响。结果表明, 随着汽爆压力的增大, 纤维分离程度提高, 纤维中游离酸、游离糖及游离醇的质量分数含量增加, 试板的内结合强度增大, 但静曲强度和弹性模量则减小。

关键词: 棉秆; 汽爆; 无胶纤维板

中图分类号: S562; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)02-0004-03

Effect of Steam Pressure on Binderless Fiberboard Made from Cotton Stalk

HE Cui-fang, ZHOU Xiao-yan, ZHU Jing, WANG Si-min

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Cotton stalk fibers were obtained through the steam-explosion pulping process and binderless fiberboards were produced from the fibers without any chemical additives. The effect of steam-exploded pressure on fiber dimension, chemistry components, and board properties was investigated in this paper. The results showed that higher steam pressure produced finer fibers with higher sugar, acids, and higher alcohol contents. It was also observed that the internal bonding strength of the binderless fiberboard was improved under higher steam exploded pressure. However, the mechanical property of the board decreased as steam pressure was increased.

Key words: cotton stalk; steam-exploded; binderless fiberboard

由于制胶和制板工艺及板材使用环境等原因, 用脲醛树脂生产的人造板普遍存在甲醛释放问题。当前, 主要是从制胶工艺和后期处理入手, 对人造板的甲醛释放加以控制^[1-2]。然而, 要从根本上解决问题, 一是采用不含甲醛的胶黏剂, 二是采用无胶胶合工艺。国内外从 20 世纪 30 年代开始, 研究无胶人造板制造技术, 并取得了一定的成果。归纳起来, 植物纤维的无胶胶合可通过氧化结合法、自由基引发法、酸催化缩聚法、碱溶液活化法、天然物质转化法等方法

实现。其中, 天然物质转化法是利用植物纤维原料自身组分转换, 实现无胶胶合, 无需添加化学药剂, 具有无污染、低成本等优点, 是无胶人造板技术发展的方向^[3-5]。笔者在前人研究的基础上, 对植物纤维进行蒸汽爆破处理, 探索汽爆压力对棉秆纤维形态、棉秆纤维化学成分以及无胶纤维板产品性能的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

棉秆取自江苏连云港, 当年生, 初含水率为 15%~20%。

1.2 试验方法

1) 棉秆经剥皮、削片后, 筛选出长 5~10 cm, 宽、

收稿日期: 2008-05-27; 修改日期: 2008-12-05

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK2006212); 省属高校自然科学重大基础研究项目(08KJA220001)。

作者简介: 何翠芳(1982-), 女, 南京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 周晓燕, 女, 南京林业大学教授, 博士。

厚各为 1~5 mm 规格的棉秆单元,用适量水浸渍,使其含水率保持在 50%~60%,以提高原料的润胀性。

2) 分别采用 1.5、1.65 和 1.8 MPa 汽爆压力,进行棉秆单元汽爆解纤,汽爆时间为 7 min。汽爆试验在武汉某造纸企业的生产线上进行。

3) 汽爆后所得棉秆纤维自然干燥至含水率约 12%后,进行精磨处理。

4) 在热压温度 210 ℃、热压压力 4.5 MPa、热压时间 60 s/mm、板坯含水率 20%的条件下,制备无胶纤维板。试验板规格:250 mm×250 mm×4 mm,密度:0.85 g/cm³。

1.3 检测方法

筛分值测定 测定经不同汽爆压力解纤、精磨后,棉秆纤维的筛分值。采用奥地利 Bauer-MCNett 纤维筛分仪,按 TAPPI T233 CM-95《Fiber Length of Pulp by Classification》进行筛分值测定,并计算不同汽爆压力下,大于 30 目、30~60 目、60~100 目以及 100 目以下的纤维所占的比率。

化学成分测定 木素测定采用硫酸法(Klason 法);综纤维素测定采用亚氯酸钠法;纤维素测定采用硝酸乙醇法;游离糖、酸测定采用高效液相色谱外标法。具体操作为:称取 5 g 试样,加 25 mL 蒸馏水常温下浸润 24 h,放入离心机离心后,取 1 mL 离心液待测。色谱条件:Biorad Aminex HPX-87H 色谱柱,进样量 10 μL,流动相 0.05 mol/L 的 H₂SO₄,柱温 55 ℃,检测器为示差检测器,检测器温度 35 ℃。

半纤维素测定 精确称取试样 0.3 g 于 100 mL 锥形瓶中,加入 5 mL72%的 H₂SO₄,置于 30 ℃水浴中保温 1 h,加水稀释至 4%,再放入 121 ℃高温灭菌锅中保温 2 h,中和滤液,取 1 mL 滤液用于高效液相色谱测定。色谱条件同上,测出滤液中木糖和阿拉伯糖的质量分数后,计算半纤维素的质量分数。

力学性能测定 参照 GB/T 11718-1999《中密度纤维板》的规定进行。

2 结果与分析

2.1 汽爆解纤的原理

木质纤维结构组分的分解,是在蒸汽的热量、水蒸气膨胀引起的剪切力,以及糖苷键水解的共同作用下发生^[6]。在反应器里,蒸汽把物料快速加热到预定温度,高压之下的水蒸气通过扩散作用,渗透到纤维细胞壁内,冷凝成液态水,使细胞壁受到润湿。在处理结束时,反应器里的压力骤然释放,快速降低温度

并中止反应,使润湿了的纤维发生爆破,从而实现纤维分离。图 1 为汽爆后棉秆纤维的扫描电镜照片。

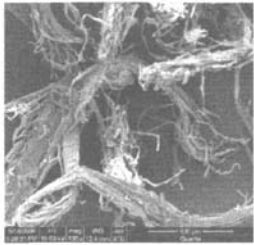


图 1 汽爆后的棉秆纤维

Fig. 1 The cotton stalk fiber after steam-explosion

2.2 汽爆压力对棉秆纤维形态的影响

纤维的长短、粗细及纤维比率,是衡量汽爆纤维质量的重要指标。有研究表明:纤维的筛分值,留于 14 目的粗纤维不宜超过 20%,留于 28~100 目的中长纤维为 50%~60%,留于和通过 200 目的细小纤维不宜超过 30%^[7]。从表 1 中可以看出,在汽爆压力为 1.8 MPa 时,获得的棉秆纤维的形态较为理想。

表 1 不同汽爆压力下棉秆纤维筛分值

Tab. 1 Comparison of the screen classification of cotton stalk fiber under different steam exploded pressure

汽爆 压力/MPa	筛分值/%			
	R _{>30}	R _{30~60}	R _{60~100}	R _{<100}
1.50	34.99	20.51	8.94	35.55
1.65	28.94	22.67	12.79	35.60
1.80	19.34	25.97	16.22	38.47

2.3 汽爆压力对纤维的化学成分的影响

表 2 不同蒸汽爆破压力下棉秆纤维化学成分

Tab. 2 Chemistry components of cotton stalk fiber under different steam exploded pressure

汽爆压 力/MPa	化学成分质量分数/%				
	苯醇抽提物	综纤维素	木素	纤维素	半纤维素
1.50	15.45	56.26	28.77	36.86	7.79
1.65	17.38	54.29	31.88	35.67	6.16
1.80	21.52	53.42	32.83	33.99	5.77

由表 2 看出,当处理时间一定时,随着汽爆压力的增大,苯醇抽提物和木素的质量分数增加,而纤维素和半纤维素则减少。这是由于随着汽爆压力的增大,纤维素和半纤维素发生水解,降解为低分子量糖类。这些低分子量糖类,在抽提时溶于苯醇溶液中与其他抽提物一并抽出。另外,在汽爆过程中,木素较多的胞间层与细胞壁分离,当温度达到玻璃态转化温度(165 ℃左右)后,木素溶出并重新聚合沉积于纤维

表面。汽爆压力越高,木素越易降解成小分子量木素,重新聚合越容易,木素的质量分数也就越高。若汽爆压力继续增大,木素的质量分数则会下降,木素也开始大量降解^[8]。

表 3 不同汽爆压力下棉秆纤维中抑制物的质量分数
Tab. 3 Inhibitor content of cotton stalk fibers under different steam exploded pressures

抑制物/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	汽爆压力/MPa		
	1. 50	1. 65	1. 80
甲酸	1 342. 5	1 989. 0	4 453. 5
乙酸	499. 0	1 060. 0	2 101. 5
乙酰丙酸	393. 5	291. 5	324. 5
羟甲基糠醛	178. 0	304. 0	328. 5
糠醛	-	-	-
葡萄糖	965. 5	1 150. 0	1 367. 5
木聚糖	2 611. 5	3 664. 0	4 264. 5
阿拉伯糖	1 122. 5	841. 5	1 126. 5
木糖醇	895. 0	1 067. 5	1 771. 0
丙三醇	554. 5	638. 0	878. 0
乙醇	165. 0	213. 0	169. 0

由表 3 可知,汽爆纤维中游离酸、游离糖及游离醇的质量分数都随爆破压力的增大而增加,证明了半纤维素的减少,是因为发生了更大程度的降解,生成了甲酸、乙酸、木聚糖、木糖醇等降解产物;纤维素降解产物葡萄糖也随着汽爆压力的增大而增加。而酸性物质的存在,又对纤维素和半纤维素的降解起到催化作用,最终使纤维素和半纤维素完全消失。羟甲基糠醛是纤维素降解产物葡萄糖脱水而成,半纤维素降解产物木糖脱水形成糠醛,试验中没有测出原料中的糠醛,也是由于糠醛较易挥发所致。

在无胶纤维板的热压过程中,酸类物质的酯化、单糖类物质向糠醛类物质的转化、醇类物质中羟基的氢键结合等,都有可能是产生胶粘的原因。可推断出在汽爆压力为 1. 8 MPa 条件下获得的棉秆纤维,在热压过程中纤维间的胶合性能应比较理想。

2. 4 汽爆压力对棉秆无胶纤维板性能的影响

从表 4 可以看出,试板的内结合强度随着汽爆压力的增大而显著提高。随着汽爆压力的增大,棉秆纤

表 4 汽爆压力对无胶纤维板性能的影响
Tab. 4 Effect of steam exploded pressure on binderless fiberboard performance

汽爆压力/ MPa	实测密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	内结合强 度/MPa	弹性模 量/MPa	静曲强 度/MPa	吸水厚度 膨胀率/%
1. 50	0. 86	0. 60	3 025. 95	19. 22	10. 97
1. 65	0. 87	0. 77	2 733. 02	18. 75	10. 45
1. 80	0. 86	0. 86	2 429. 79	17. 94	10. 68
GB/T 11718- 1999	0. 45~0. 88	0. 60		23. 00	<35

注:每种工艺条件压制 3 块板材,检测值为 3 个试件的平均值。

维中的游离酸、游离糖及游离醇的质量分数有所增加,而在纤维无胶热压过程中,酸类物质的酯化、单糖类物质向糠醛类物质的转化、醇类物质中羟基的氢键结合等将有助于纤维间的胶合。

然而,随着汽爆压力的提高,产品的弹性模量和静曲强度有所下降,这是因为汽爆压力越大,纤维素和半纤维素降解程度越大,自身强度下降,从而降低了产品强度。因此,需综合考虑对产品性能的要求及其用途,选择汽爆压力。

此外,试板的内结合强度、吸水厚度膨胀率,均优于 GB/T 11718-1999 的要求;汽爆压力对产品吸水厚度膨胀率的影响较小,均在 10% 左右,远低于国家标准的要求,说明试板具有良好的尺寸稳定性。半纤维素是植物纤维原料中吸水性最强的物质,棉秆经过蒸汽爆破处理后,半纤维素发生了大幅度降解,使得产品的吸水性有所下降。

3 结论

1) 汽爆处理可以使棉秆纤维分离,汽爆压力越大,纤维分离程度越高。

2) 棉秆汽爆处理后,纤维中的游离酸、游离糖及游离醇的质量分数有所增加,纤维素和半纤维素发生降解,且汽爆压力越大,降解程度越高。

3) 用汽爆棉秆纤维制得的无胶纤维板,其内结合强度随汽爆压力的增加而增大。其内结合强度、吸水厚度膨胀率,均优于 GB/T 11718-1999 的要求,但静曲强度则略有减小;产品具有良好的尺寸稳定性。

参考文献:

[1] 张运明,曾灵,陈文渊,等. 人造板甲醛释放量与居室污染关系的分析[J]. 中国人造板,2006(11):16-19.
[2] 周晓燕. 人造板甲醛释放研究进展[J]. 国际木材加工技术,2002(2):48-56.
[3] Okuda N, Hori K, Sato M. Chemical changes of kenaf core binderless boards during hot pressing (II): effects on the binderless board properties[J]. J Wood Sci, 2006(52):249-254.
[5] 金春德. 无胶人造板制造工艺的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2002.
[6] 罗鹏,刘忠. 蒸汽爆破法预处理木质纤维原料的研究[J]. 林业科技,2005;5(3):53-56.
[7] 徐咏兰. 中高密度纤维板制造与应用[M]. 吉林:吉林科学技术出版社,2002.
[8] 陈洪章,李佐虎. 麦草蒸汽爆破处理的研究 II:麦草蒸汽爆破处理作用机制分析[J]. 纤维素科学与技术,1999,12(4):14-22.

(责任编辑 鲍加芬)