

文章编号: 1000-5692(2006)05-0486-05

用氧等离子体处理改善竹地板胶合性能

黄河浪, 卢晓宁, 薛丽丹, 曾志高, 梁星宇

(南京林业大学 木材工业学院, 江苏 南京 210027)

摘要: 为了解氧等离子体处理对竹材表面性能的影响, 用表面润湿角测定评估竹材表面润湿性, 通过测试竹地板的胶层剪切强度了解竹材胶合性能的变化。结果表明: 竹材经过氧等离子体处理后, 表面润湿角有较大减小, 尤其是带有竹青和竹黄的竹片, 润湿角从原来的 76.5° 降到 36.0° , 同时胶合强度提高 33%。更重要的是竹地板的胶合强度变异系数从原来的 39.0% 降到 9.8%, 对于无竹青和竹黄的竹地板尽管胶合强度没有明显增加, 但变异系数有显著的降低。因此, 竹材经氧等离子体处理后, 表面特性改善, 压制的竹地板质量稳定性提高。图 3 表 4 参 11

关键词: 林业工程; 竹地板; 氧等离子体处理; 胶合强度; 变异系数

中图分类号: S781.61 **文献标识码:** A

等离子体处理能使高分子材料表面产生大量的自由基或使材料表面活化, 从而能进一步加成特定官能团, 达到改善材料表面特性的目的。目前, 等离子体处理在分子材料表面界面研究领域已得到一定重视。孙宁等^[1]研究了经不同等离子体条件处理的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)纤维表面形态结构的变化。胡建芳等^[2]研究发现天然胶原生物材料经辉光放电等离子体改性后, 表面化学组分和结构改变, 表面能和表面极性提高。木材作为一种高分子材料, 经等离子体处理能有效地活化其表面。杜官本等^[3-6]对用等离子体处理的木材表面展开了较深入的研究。电子顺磁共振波谱图谱分析表明, 经过等离子体处理后, 木材表面可迅速有效地产生大量的自由基; X-射线光电子能谱图谱分析表明, 等离子体处理后木材表面产生了大量的含氧官能团或过氧化物。Rehn 等^[7]采用等离子体处理得到憎水性和亲水性木材表面。不同性能木材表面的获得取决于处理气体的性质, 并通过实验还发现用空气、氮气、氮气和氩气对木材进行冷等离子体处理可以使木材表面得到很好的润湿性, 从而提高木材的胶合强度。Bente 等^[8]采用特殊的气体, 如 2% 硅烷和 98% 氮气的混合气体, 对云杉 *Picea asperata* 经等离子体进行防水处理。在我国, 竹子已部分替代木质材料, 被广泛作为人造板原材料。然而, 普遍的问题是, 竹材表面有竹青, 内面有竹黄, 它们对水和胶黏剂的润湿性差, 难以非常合通常用的木材加工胶黏剂(脲醛树脂和酚醛树脂)^[9]。尽管这类胶黏剂经改性后, 对竹材也具备良好的胶合性能, 但变异性能较大。笔者通过用氧等离子体处理竹材表面, 希望得到较好的、适用于脲醛树脂胶合的表面。

1 试验设计与材料

1.1 试验设计

用氧等离子体处理竹材, 测定竹材的表面润湿角和胶合特性。试验方案见表 1。

收稿日期: 2005-11-04; 修回日期: 2006-04-29

基金项目: 国家科学技术部重大科研前期研究项目(2002CCD1700)

作者简介: 黄河浪, 副研究员, 从事木质复合材料研究。E-mail: hhelang@vip.sina.com

1.2 试验材料

竹条: 毛竹 *Phyllostachys pubescens*;
 胶黏剂: 商用三聚氰胺改性脲醛胶黏剂 (MUF), 摩尔比为 1.0 : 1.5, 固含量 600 g °kg⁻¹; 固化剂: 氯化铵, 用量 1.0%。

1.3 试验方法

1.3.1 胶合性能的试验步骤和测试 (图 1)

竹片: 选自竹地板厂的等厚度竹片, 部分竹片带有竹青竹黄, 含水率为 6% ~ 8%。锯断: 将竹片加工成尺寸为 230 mm × 21 mm × 6 mm 的竹片。干燥: 在 63 °C 的干燥箱中干燥至含水率为 3% ~ 4%。

等离子体处理: 将部分干燥好的竹片进行氧等离子体处理。处理时, 竹片同时置入仪器内, 并开始计算处理时间。离子体的工作参数为: 输入电压 110 ~ 130 V, 灯丝电流 180 ~ 230 mA, 输出功率 20 W, 反射功率 0 ~ 1 W, 真空度 2.0 ~ 2.5 Pa, 工作气体为 O₂, 处理时间 10 min。涂胶: 刷涂竹片, 涂胶量为 300 g °m⁻² (双面)。组坯: 将竹片上有竹青和竹黄处标注, 并按 3 层结构的竹地板组坯。热压: 采用热进-热出工艺进行。热压工艺参数为: 热压压力 2.5 MPa, 热压温度 125 °C, 热压时间 1.1 min °mm⁻¹。陈放: 热压后的板坯陈放 24 h, 使胶黏剂固化完全。试件制取: 按 GB/T 17657—2003 中 4.16 的规定进行剪切强度试件的制取。有竹青竹黄的板坯在标注处制取试件, 试件胶合面为竹青竹黄。剪切强度测试: 按 GB/T 17657—2003 中 4.16 的规定进行剪切强度测试[将试件先置于 (63 ± 3) °C 的水浴锅中水煮 3 h, 再置于 (63 ± 3) °C 的干燥箱中干燥 10 h, 然后在液压式木材万能试验机上进行剪切试验]。

表 1 试验方案设计

Table 1 Experimental design

测试内容	竹材特征	等离子体处理
胶合性能	有竹青、竹黄	处理
	无竹青、竹黄	未处理
表面润湿角	有竹青、竹黄	处理
	无竹青、竹黄	未处理
	无竹青、竹黄	未处理

说明: 每个试验重复 6 次, 每次测试 3 个样品。

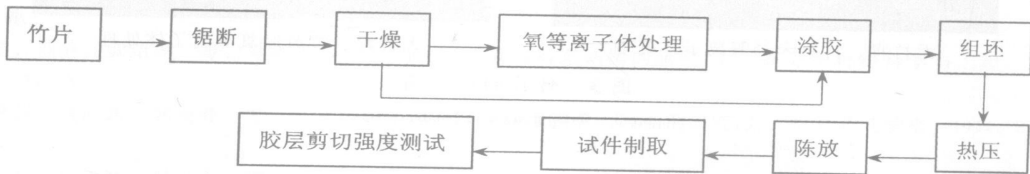


图 1 胶合性能的试验步骤和测试

Figure 1 Flow chart of the bonding strength test

1.3.2 表面润湿角的试验步骤和测试 用静滴接触角测定仪 (JC2000) 对处理和未处理的竹片进行表面润湿角的测定 (图 2)。



图 2 表面润湿角的试验步骤和测试

Figure 2 Flow chart of the wetting angle test

2 试验结果与分析

2.1 表面润湿角分析

从图 3 可见, 经过氧等离子体处理的竹片, 无论有没有竹青、竹黄, 表面润湿角都会减小, 有竹青、竹黄的竹片润湿角处理前为 76.5°, 处理后降低到 36.0°, 无竹青、竹黄的竹片润湿角处理前为

37.5°, 处理后降低到 24.7°。显然, 氧等离子体处理对竹材表面性能的作用是显著的。当然处理仅仅是物理作用, 胶黏剂与竹片的胶合还取决于化学结合与成分, 不过产生的蚀刻应肯定^[10]。蚀刻形成的粗化面是使表面润湿角下降, 润湿性显著提高的主要原因之一^[11]。此外, 竹材经氧等离子体处理, 表面自由基和含氧官能团的增加都有可能是表面润湿性提高的原因。

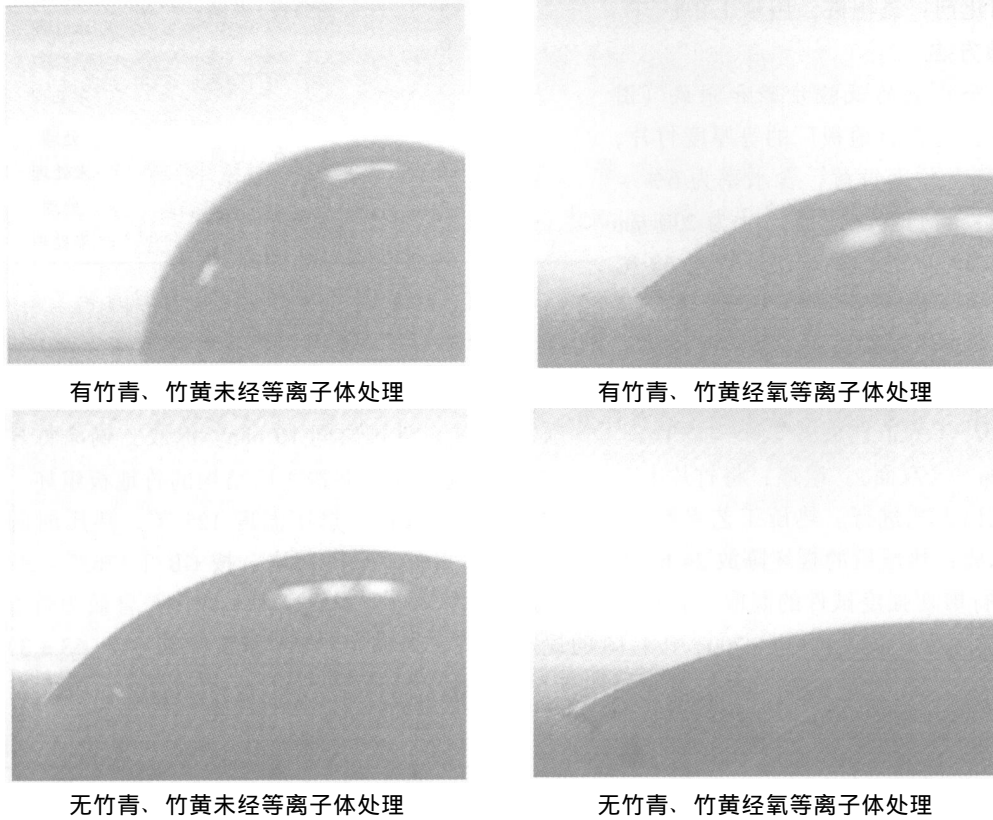


图3 竹片的润湿角

Figure 3 Wetting angle of bamboo strips

表2 竹地板的胶合强度和变异系数

Table 2 Shearing strength and coefficients of its variance of bamboo board

处 理	胶合强度/MPa	强度提高率/%	变异系数/%
1 有竹青、竹黄未经氧等离子体处理	1.50		115.0
2 有竹青、竹黄经氧等离子体处理	2.02	33.3	12.4
3 无竹青、竹黄未经氧等离子体处理	5.53		39.0
4 无竹青、竹黄经氧等离子体处理	5.52	0	9.8

2.2 胶合强度与强度 变异性分析

试验发现(表2), 在强度方面, 处理对有竹青、竹黄的竹片胶合强度有所提高, 而对无竹青、竹黄的竹片胶合

强度几乎没有增加。这说明, 一定自由基的产生, 改善了竹片的胶合性能。最重要的作用是竹材的胶合变异系数减小: 有竹青、竹黄的竹片胶合变异性从 115.0% 降到 12.4%, 无竹青、竹黄的竹片胶合变异性从 39.0% 降到 9.8%。显然, 氧等离子体处理产生的蚀刻起了很大作用。从实用意义上来说, 材料的离散化程度减少, 产品质量更趋向稳定化, 如果是结构材的话, 设计系数可以减小, 以此可以减少原材料, 降低成本。

2.3 处理方式的分析

对氧等离子体处理方式试验结果进行强度方差分析可得, 氧等离子体处理对有竹青、竹黄的竹片胶合性能的改善是非常显著的, $F \gg F_{0.05}$ (表3); 而对无竹青、竹黄的竹片胶合性能的改善是不显著的, $F < F_{0.05}$ (表4)。从生产工艺角度看, 增加一道氧等离子体处理工艺, 有助于减少竹材等厚加工过程

中竹青、竹黄的刨削量, 从而提高竹材加工的出材率。

表 3 对表 2 中第 1 项和第 2 项的方差分析

Table 3 Variance analysis to item 1 and 2 in table 2

差异源	平方和	自由度	均方	F 值	显著性概率	$F_{0.05}$
组间	70.071 06	1	70.071 06	24.529 43	2.28E-05	4.149
组内	91.411 58	32	2.856 61			
总计	161.482 60	33				

表 4 对表 2 中第 3 项和第 4 项的方差分析

Table 4 Variance analysis to item 3 and 4 in table 2

差异源	平方和	自由度	均方	F 值	显著性概率	$F_{0.05}$
组间	12.372 36	1	12.372 36	4.063 319	0.052 286	4.149
组内	97.436 45	32	3.044 89			
总计	109.808 80	33				

3 结论

利用氧等离子体处理竹材表面, 可以降低竹材表面的润湿角, 改善有竹青、竹黄竹片的胶合性能, 但对无竹青、竹黄竹片胶合强度无明显提高。

利用氧等离子体处理竹材能够解决竹材胶合制品强度均匀性较差的问题, 减小胶合强度的变异性, 提高产品胶合的稳定性能。

参考文献:

- [1] 孙宁, 刘倩, 戚绍祺, 等. 等离子体处理 PET 纤维表面形态结构的研究[J]. 高分子材料科学与工程, 1994, 10(2): 34-37.
- [2] 胡建芳, 钱露茜, 郭淑静, 等. 低温等离子体对医用胶原膜表面改性的研究[J]. 材料研究学报, 1994, 8(1): 82-87.
- [3] 杜官本, 华毓坤, 崔永杰, 等. 微波等离子体处理木材表面光电子能谱分析[J]. 林业科学, 1999, 35(5): 104-109.
- [4] 杜官本, 杨忠, 邱坚. 微波等离子体处理西南桉木表面的 ESR 和 XPS 分析[J]. 林业科学, 2004, 40(2): 148-151.
- [5] 杨忠, 杜官本, 黄林荣, 等. 微波等离子体处理木材表面接枝甲基丙烯酸甲酯的 XPS 分析[J]. 林产化学与工业, 2003, 23(3): 28-32.
- [6] 杨喜昆, 杜官本, 钱天才, 等. 木材表面改性的 XPS 分析[J]. 分析测试学报, 2003, 22(4): 5-8.
- [7] REHN P, VIÖL W. Dielectric barrier discharge treatments at atmospheric pressure for wood surface modification [J]. *Holz Roh Werkst*, 2003, 61: 145-150.
- [8] BENTE M, AVRAMIDIS G, FÖRSTER S *et al.* Wood surface modification in dielectric barrier discharges at atmospheric pressure for creating water repellent characteristics [J]. *Holz Roh Werkst*, 2004, 62: 157-163.
- [9] 张齐生. 中国竹材工业化利用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 44.
- [10] 杜官本, 华毓坤, 王真. 微波等离子体环境下木材表面蚀刻[J]. 林业科学, 1999, 35(2): 95-97.
- [11] 杜官本, 华毓坤, 王真. 微波等离子体处理对杉木表面性能的影响[J]. 木材工业, 1998, 12(6): 17-20.

Bonding performance of bamboo plywood improved by O₂ plasma treatment

HUANG He-lang, LU Xiao-ning, XUE Li-dan, ZENG Zhi-gao, LIANG Xing-yu

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Bamboo strips were prepared and treated by O₂ plasma to study the effect of O₂ plasma treatment on bamboo surface performance. Wetting angle was tested to evaluate the wettability of bamboo surface before and after treatment. The results showed that the wetting angle reduced considerably after O₂ plasma treatment, especially for bamboo timbers with green coat and yellow endothecium, the wetting angle dropping dramatically from 76.5° to 36.0° and bonding strength of the flooring increasing by 33%. Furthermore, the coefficient variances (CV) of bonding strength between the testing bamboo floorings reduced from 39.0% to 9.8% after O₂ plasma treatment. Bonding strength of bamboo flooring without green coat and yellow endothecium didn't improve a lot but CV decreased dramatically. Therefore, O₂ treatment improved not only the performance of bamboo surface but also the quality stability of bamboo flooring. [Ch. 3 fig. 4 tab. 11 ref.]

Key words: forest engineering; bamboo flooring; O₂ plasma treatment; bonding strength; coefficient variance

现代森林培育技术重点实验室顺利通过浙江省科技厅中期评估

2006年7月24日上午,浙江省科技厅组织评估专家小组对浙江林学院现代森林培育技术重点实验室进行了中期评估。

专家组成员听取了重点实验室建设的汇报,并实地考察了分子生物学实验室、组培实验室、智能温室和林木良种基地。在听取汇报、审阅材料、实地察看的基础上,专家组对重点实验室建设进行了认真评议。专家组成员一致认为,现代森林培育技术重点实验室的建设成效是明显的,特别是在硬件建设、人才培养、科研成果、社会服务、管理机制等方面完全符合建设要求,同时建议重点实验室进一步加速科技成果产业化,扩大国际学术交流。

(何明 王义辉)