

不同立杆高度毛竹材弦切面的润湿性能研究

张巧玲,周洪伟,梁廷斌,仝雪艳,曾钦志

(福建农林大学材料工程学院,福州 350002)

[摘要] 本文研究了H₂O、酚醛树脂胶黏剂(PF)、脲醛树脂胶黏剂(UF)和改性大豆蛋白胶(MSA)在毛竹材不同立杆高度弦切面的润湿性能,通过测定这些润湿液体在竹材弦切面上的接触角,建立润湿液体在毛竹材弦切面的动态润湿模型,分析毛竹材的不同高度对润湿液体动态润湿性能的影响,并对比分析各种润湿液体在毛竹材弦切面的润湿性能差异。

[关键词] 毛竹;立杆高度;弦切面;接触角;润湿性

[中图分类号] TS652 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)04-0056-04

1 前言

我国是竹材生产大国,是世界上竹材面积最大的国家,竹材资源极其丰富。我国竹材总共有39属500余种,约占世界竹种总数的1/3,现在竹林面积530多万公顷(1公顷=10 000 m²),主要分布于我国长江以南的19个省、市、自治区,竹林面积、蓄积量、竹材产量均居世界之首^[1]。随着我国木材加工业的发展,木材供需矛盾越来越激烈,而竹材生长速度快、繁殖能力强、周期短、产量高、资源丰富,因此以竹代木是缓解木材供需矛盾的重要措施。经历了三十多年的发展,我国竹材加工业得到快速发展,竹材产品达数十种,然而竹材加工工艺参数主要参照木材加工的工艺参数,但由于竹材的组织结构与木材有较大差异,导致竹材的表面性质也存在较大的差异。湿润性是固体材料表面的重要特性之一,表现为某些液体与固体表面接触时,在接触表面润湿、铺展、渗透和粘附时的速度与能量^[2]。胶黏剂对竹材坯料的润湿性如何,决定着涂胶的质量和胶合产品的物理力学性能,因此润湿性好坏非常重要。

本文重点研究毛竹材(*Phyllostachys Pubescens*)不同立杆高度弦切面上H₂O、酚醛树脂胶黏剂(PF)、脲醛树脂胶黏剂(UF)和改性大豆蛋白胶(MSA)的动态润湿性能,分析了毛竹材的不同高度对胶黏剂动态润湿性能的影响和各种胶黏剂在毛竹材弦切面上的润湿性能差异。

2 材料与方法

2.1 试验材料

毛竹材取材于福建省三明市尤溪县中仙乡,4年生,胸径约120 mm,齐地砍伐,裁去砍口处一个竹节后,每隔2 m取30 mm长的竹筒,共5节竹筒试样,即每节竹筒试样分别离伐口为0 m、2 m、4 m、6 m、8 m。试验中采用实验室自制的各种润湿液体,包括H₂O、PF、UF、MSA,其基本性能见表1。

2.2 试验方法

2.2.1 制备试样

分别将齐地砍伐高度0 m、2 m、4 m、6 m、8 m的30 mm长的竹筒剖分成1.5~2 mm宽的竹条,按分别用于H₂O、PF、UF和MSA的润湿性能测试的顺序,

[收稿日期] 2013-12-03

[基金项目] 福建省教育厅科技项目(JK2009009);福建省大学生创新训练项目(111ZC1256)

[作者简介] 曾钦志,1969年出生,男,福建宁化县人,博士,副教授,主要从事木材加工工艺及其装备自动化的研究;E-mail: fjafulzqz@163.com

依次间隔取样编号。再将竹条的竹青面刨削掉 2 mm 制作毛竹材弦切面样本。试件规格为 30 mm×5 mm×3 mm。将所有样本干燥后,用砂纸砂光被测表面,最后在 20 ℃、相对湿度 65 % 的条件下调温调湿 48 h,密封备用。

表 1 各种润湿液体的基本性能(20 ℃)
Table 1 The fundamental parameters of several kinds of liquids(20 ℃)

液体	粘度 (Pa·s)	固含量 /%	表面张力 (mN·m ⁻¹)
H ₂ O	—	—	72.750
PF	0.752~0.773	49.06	67.309
UF	0.604~0.622	53.03	59.816
MSA	1.583~1.607	22.15	55.662

2.2.2 接触角测试与分析

试验中所用的接触角仪是 JC2000A 静滴接触角/界面张力测量仪,其测试方法是外形图像分析法。采用该仪器连续存储各种润湿液体在毛竹材弦切面上润湿状态,测量不同时间的接触角,并按式(1)所示模型拟合得 $\theta(t)$ 曲线^[3,4]。

$$\theta = \theta_0 + Ae^{(-t/T)} \quad (1)$$

式(1)中: θ 为接触角,(°); θ_0 为平衡接触角,(°); A 为润湿缓冲系数; T 为润湿时间常数; t 为时间,s。

3 试验结果与分析

3.1 H₂O 在毛竹材弦切面的动态润湿性

由图 1a 可知,随着立杆高度的增加,平衡接触角逐渐减小,其润湿性越好。H₂O 在毛竹材立杆高度为 8 m 时润湿速度相对较缓慢,在立杆高度 0 m 时润湿速度相对较快,在 2 m 和 4 m 立杆高度弦切面的润湿速度相近,比 6 m 弦切面快。这是因为随着立杆高度的增加,毛竹材的密度逐渐增大,微毛细管和毛细管的直径减小,H₂O 的渗透阻力也逐渐减小^[5,6]。H₂O 在毛竹材各弦切面上的润湿速度均较快,仅 7~8 s 完成快速润湿过程,达到或接近平衡接触角,H₂O 的润湿一般不会随时间的延长稳定于平衡接触角,H₂O 仍会在竹材表面发生渗透,直到接触角为 0,即完全润湿。

3.2 PF 在毛竹材弦切面的动态润湿性

由图 1b 可以看出,PF 在毛竹材各弦面的平衡接触角的变化规律与 H₂O 的变化规律相似,但其平衡接触角相对于 H₂O 的较大,润湿速度也较为缓

慢。主要是因为 PF 的粘度大、分子量高,内聚能较大,在毛竹材表面不易流展^[3],也不易通过毛竹材的毛细管和微毛细管向毛竹材内部渗透^[4]。比较图 1a 和图 1b 可知,H₂O 约需 8 s 完成在竹材表面的快速润湿,其接触角接近平衡接触角;而 PF 在竹材表面的润湿,需 80~100 s 才能接近平衡接触角。此外,对比图 1b 中不同立杆高度可知,PF 在竹材各个立杆高度的接触角的变化规律与 H₂O 的润湿规律相似。其中在立杆高度 0 m 处的衰减趋势比其他部位的衰减趋势更为明显,且在前 60 s 内快速衰减,而后趋于平缓,说明 PF 在立杆高度 0 m 部分在前 60 s 内润湿速率最快。而在立杆高度为 8 m 的竹材弦切面上的平衡接触角最小,但润湿速度较为缓慢。

3.3 UF 在毛竹材弦切面的动态润湿性

由图 1c 可知,UF 在不同立杆高度毛竹材弦切面上的平衡接触角的变化与 H₂O 的润湿过程相似,自根部到梢部 UF 在毛竹材弦切面上的平衡接触角逐渐减小。但 UF 在毛竹材弦切面上的平衡接触角比 H₂O 大,润湿速度较慢,约需 40 s 达到较好的润湿;与 PF 相比较,其平衡接触角小得多,润湿速度也比 PF 快。其主要原因是 UF 粘度比 H₂O 大,但比 PF 小,胶液分子量比水分子量大但比 PF 小,在竹材弦切面上铺展、渗透速度较 H₂O 慢,比 PF 快^[7,8]。此外,UF 在竹材不同立杆高度的弦切面上接触角的变化规律与 H₂O 和 PF 的变化规律基本相似,不同立杆高度的毛竹材弦切面上在前 0~30 s 内呈快速衰减规律,而后趋于平缓;在 0 m 和 2 m 处衰减的趋势较为明显且快速,说明在立杆高度 0 m 和 2 m 处弦切面润湿较为快速;而在 6 m 和 8 m 处其平衡接触角相对较小,但润湿速率较慢。

3.4 MSA 在毛竹材弦切面的动态润湿性

由图 1d 可知,MSA 的平衡接触角的变化规律与 H₂O 的相似,平衡接触角的大小介于 PF 和 UF 之间。润湿时间常数 T 很小,与 H₂O 的润湿时间常数很接近,MSA 在 10 s 以内快速润湿,表明 MSA 润湿速度很快,几乎与 H₂O 在毛竹材弦切面的润湿速度相当,仅 10 s 左右完成润湿过程达到接近平衡接触角。其主要原因是 MSA 的固含量低、且富含极性基团,静置时易形成氢键等,故而在与毛竹材弦切面上接触的初期,由于水分含量大,以及在极性基团的作用下,在竹材表面快速铺展、吸附、渗透。但随着时间的延长,胶液中水分减少,并在蛋白质所带电荷和极性基团的作用下,形成较大的内聚力,

使胶液不易流展。此外,MSA在竹材各个立杆高度的接触角的变化规律与前3种润湿液体的变化规律相似。其中弦切面的各个部位在前0~10 s内呈快速

衰减规律,在10~20 s内变化相对减缓,在20 s后趋于平缓,且不同立杆高度的竹材各弦切面的润湿过程很接近,无明显变化。

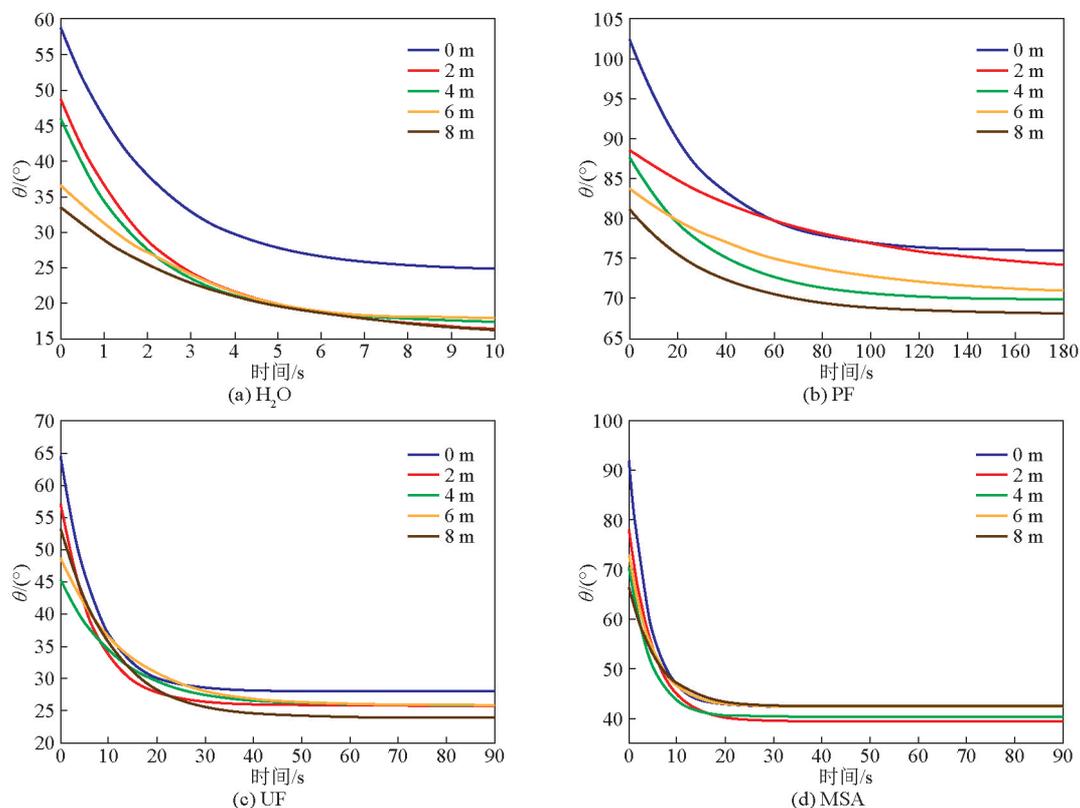


图1 不同液体在毛竹各弦切面的动态润湿曲线

Fig.1 The dynamic wetting curves of several kinds of liquids on the tangential sections of moso bamboo

4 结语

随着竹秆高度的增加,H₂O和PF在毛竹材弦切面的平衡接触角呈下降趋势,润湿性能越来越好,而UF和MSA的平衡接触角和润湿速度随竹秆高度的变化相对不明显。

H₂O在毛竹弦切面上的润湿速度最快,平衡接触角最小,且随时间的延长可达到完全润湿。PF、UF和MSA3种胶黏剂在毛竹弦切面上的平衡接触角都小于90°,表明这3种胶黏剂在毛竹材弦切面均可以润湿。其中PF的平衡接触角最大,润湿速度最慢,即其润湿性能最差;UF的平衡接触角最小,润湿速度居中;MSA润湿速度最快,几乎与H₂O的润湿速度相当,但平衡接触角介于PF和UF之间,其润湿性能不如UF;但3种胶黏剂的平衡接触角均大于H₂O。总体上而言,在同一立杆高度的毛竹材弦切面上,3种胶黏剂中,UF润湿速度相对较快,平衡接

触角最小,润湿性能较好。

致谢

参与试验的还有张荣强、杨永涛、郑志伟、夏美佺、樊迪、施国炜等同学,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] 宋孝金, 刘晓辉. 竹材的工业化利用[J]. 林业科技, 2011, 36(6): 55-57.
- [2] 任一萍, 王正, 高黎, 等. 偶联剂对竹材表面润湿性及胶合强度的影响[J]. 粘接, 2011(7): 50-53.
- [3] Sheldon Q Shi, Douglas J Gardner. Dynamic adhesive wettability of wood [J]. Wood and Fiber Science, 2001, 33(1): 58-68.
- [4] 周兆兵, 张洋, 贾翀. 木质材料动态润湿性能表征[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007, 31(5): 71-73.
- [5] 江泽慧, 于文吉, 余养伦. 竹材表面润湿性研究[J]. 竹子研究汇刊, 2005, 24(4): 31-38.
- [6] 高伟, 罗艳丽, 甘卫, 等. 竹材表面润湿性能研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(35): 17322-17326.
- [7] 侯玲艳, 赵荣军, 任海青, 等. 不同竹龄毛竹材表面颜色、润湿性及化学成分分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2012,

Study on wettability of tangential sections of moso bamboo with different pole heights

Zhang Qiaoling, Zhou Hongwei, Liang Tingbin,
Tong Xueyan, Zeng Qinzhi

(College of Materials Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

[Abstract] This paper studied the wettability of H₂O, phenol formaldehyde adhesive (PF), urea-formaldehyde adhesive (UF) and modified soy-based adhesive (MSA) in tangential sections of moso bamboo (*Phyllostachys Pubescens*) with different pole heights. Through measuring contact angles of four kinds of liquids on the tangential sections of moso bamboo, the dynamic wetting model was built, and the effects on the wettability of these liquids on the tangential sections with different pole heights and the differences of the wetting performance of these liquids on the tangential section of moso bamboo were analyzed.

[Key words] moso bamboo; pole height; tangential section; contact angle; wettability

(上接55页)

treated bamboo exhibited less heat and smoke release compared to the control. Total heat release for borax and boric treated bamboo decreased by 50.6 % and 44.1 %, respectively. While, the total smoke release decreased by 95.3 % and 91.6 %, respectively. Applications of boric acid and borax have significant influence on protecting bamboo substrate from thermal degradation and combustion.

[Key words] boric acid; borax; *Phyllostachys Pubescens*; thermal degradation; combustion properties