

毛竹材弧形竹片干燥特性研究

李武, 张占宽, 李伟光

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 对毛竹材弧形竹片的干燥特性进行了研究, 结果表明: 干燥温度越高, 干缩率越大, 弦向平均干缩率大于径向平均干缩率; 弦向竹青侧干缩率高于竹黄侧干缩率; 当含水率降至5%以下时, 干缩率趋于稳定; 随着干燥温度的升高, 弧形竹片依次产生翘曲、皱缩及开裂等现象。

关键词: 毛竹; 弧形竹片; 干燥特性; 干缩率; 变形

中图分类号: S782.31; S795 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)03-0010-03

Drying Characteristics of Bamboo Arc Plate

LI Wu, ZHANG Zhan-kuan, LI Wei-guang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: To improve utilization efficiency, bamboo (*Phyllostachys pubescens*) culms were cut into arc plates for further value-added processes. In this paper, the drying characteristics of bamboo arc plate were investigated. The results showed that the higher the drying temperature, the greater the shrinkage rate and deformation. The average of tangential shrinkage rate was larger than that of the radial shrinkage rate. The tangential shrinkage rate of the outer wall of a bamboo culm was nearly twice of that of the inner wall. When the moisture content was below 5 percent, the drying rate and the shrinkage rate tended stable. Finally, it was observed that as the drying temperature rose, warp, crimping, and split were increased considerably.

Key words: *Phyllostachys pubescens*; bamboo, arc spatulate; drying properties; shrinkage rate; deformation

竹材是我国重要的速生、可再生资源之一, 长期以来一直是我国和世界其他产竹国及地区重要的建筑材料、装饰材料和生活用材料^[1-2]。以截面为矩形竹片构成的竹材产品, 生产效率低, 竹材利用率仅约35%。在不破坏竹材原有的物理力学性能的前提下, 为了尽可能地提高竹材利用率, 本试验将毛竹材制备成弧形竹片, 使利用率提高到60%~80%^[3]。

在弧形竹片制备过程中, 干燥是不可缺少的重要环节之一。近年来对竹材干燥特性的研究, 主要集中

在干燥方式的选用及干燥参数的确定^[4-5]。由于竹材的各向异性特点, 以及其固有的节间组织, 如干燥中极易造成皱缩等缺陷。笔者进行了弧形竹片干燥特性的研究, 为弧形竹片集成材的制造提供技术依据。

1 试验材料与方法

1.1 材料

毛竹(*Phyllostachys pubescens*), 产地浙江安吉, 为新采伐Ⅲ龄级(四、五年生), 胸径10 cm左右, 竹壁厚10~12 mm, 选取从根部0.5~3.0 m的竹段, 经锯截、开条、弧形粗铣等工序^[3], 加工成长1 m, 宽43~44 mm, 厚8~10 mm, 曲率半径为50 mm的弧形竹片试材, 然后锯制成长150 mm(不含竹节)、长150 mm(含1个竹节)、长260 mm(含2个竹节)的试样

收稿日期: 2009-09-08; 修改日期: 2010-03-18

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD11A16)。

作者简介: 李武(1984—), 男, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 张占宽, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士。

各 12 个,共 36 个。

1.2 方法

首先测量弧形竹片的弦向(竹青侧、竹黄侧)和径向(壁厚)尺寸,并称量。然后放入烘箱,按设定的 4 组不同干燥温度进行干燥。每隔 2 h 取出试样,测量弧形竹片的弦、径向尺寸,并称量和记录数据。参照 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》,当最后 2 次的质量之差 $\leq 0.002\text{ g}$ 时,认为达到全干。

1.3 方案

每种规格各取 3 个试样,9 个试样为 1 组,共取 4 组,分别按 60、80、100、120 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 30%进行干燥试验。试验数值均为每组 9 个试样的均值。

2 试验结果与分析

2.1 干燥温度对干燥特性的影响

2.1.1 温度对干燥速度的影响

不同干燥温度下弧形竹片的含水率曲线(图 1)。

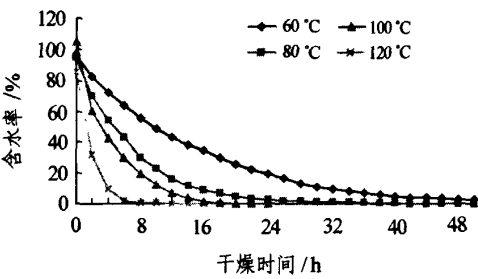


图 1 不同干燥温度的弧形竹片含水率曲线
Fig. 1 Moisture content of bamboo plate under different drying temperatures

从图 1 中可以看出,干燥温度越高,含水率下降的越快。在初始阶段,竹材干燥速度取决于竹材表面水分的蒸发速度^[6]。60 $^{\circ}\text{C}$ 干燥温度的前 12 h,干燥速度为 4.46%/h;80 $^{\circ}\text{C}$ 的前 6 h,干燥速度为 8.53%/h;100 $^{\circ}\text{C}$ 的前 4 h,干燥速度为 15.61%/h;而 120 $^{\circ}\text{C}$ 的前 2 h,其干燥速度高达 26.65%/h。在干燥后期,竹材含水率已低于纤维饱和点,同时,由于竹材干燥收缩,水分迁移主要以扩散方式进行,干燥速度呈逐步减缓趋势。在本试验中,试样去除了竹青和竹黄,故使干燥速度加快,干燥周期也有所缩短。

2.1.2 温度对竹材的变形与干燥缺陷的影响

不同干燥温度下,弧形竹片的变形与缺陷统计见表 1。

从表 1 可见,当干燥温度 60 $^{\circ}\text{C}$ 时,未产生明显缺陷,干燥效果较好;当干燥温度 $>80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,竹材内部

表 1 不同干燥温度下弧形竹片的变形与干燥缺陷

Tab. 1 Deformation and defect of bamboo plate under different drying temperatures

干燥温度/ $^{\circ}\text{C}$	干缩	翘曲	皱缩	开裂
60	干缩	无	无	无
80	干缩	轻微	无	无
100	干缩	翘曲	轻微	无
120	干缩	翘曲	皱缩	开裂

水分移动过快,所产生的毛细管张力使竹材细胞溃陷,引起竹材不正常和不规则的收缩;当干燥温度 $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,干缩差异继续增大,导致弧形竹片产生开裂现象。

2.1.3 温度对干缩率的影响

为了更好地考察干燥温度对弧形竹片干缩率的影响,取毛竹平衡含水率为 13.0%~15.1%,对弧形竹片各部位达到平衡含水率时的干缩率进行分析,结果列于表 2。

表 2 不同干燥温度下弧形竹片达到平衡含水率时的干缩率

Tab. 2 Shrinkage rate of bamboo plate with equilibrium moisture content under different drying temperatures

干燥温度/ $^{\circ}\text{C}$	弦向干缩率/%		径向干缩率/%
	竹青侧	竹黄侧	
60	3.26	1.77	2.58
80	3.32	1.97	2.81
100	4.37	2.31	3.12
120	3.47	2.07	2.93

注:竹青侧、竹黄侧,指靠近竹青或竹黄一侧的部位;下同。

从表 2 可以看出,在不同干燥温度下弧形竹片的干缩率有所不同。在 100 $^{\circ}\text{C}$ 以下时,随着干燥温度的升高,使干缩率增大。在 120 $^{\circ}\text{C}$ 干燥时,弧形竹片发生了开裂,使竹片的弦向尺寸比实际尺寸大,因此计算所得的弦向干缩率比实际干缩率小;又因为由于竹片的开裂,使弦向水分蒸发加快,使径向干缩率减小,出现弧形竹片干缩率 $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥时的干缩率。

2.2 竹材构造对干缩率的影响

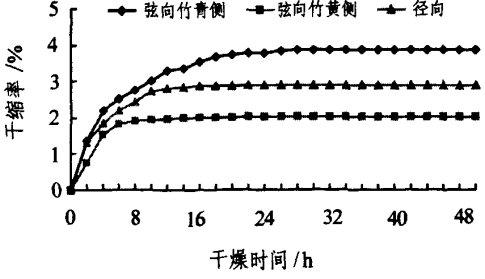


图 2 干燥温度 80 $^{\circ}\text{C}$ 时弧形竹片干缩率
Fig. 2 Shrinkage rate of bamboo plate dried at 80 $^{\circ}\text{C}$

以干燥温度 80 ℃ 为例,干燥初期,干缩率随干燥时间的增加而增加;而当干燥时间超过 8 h 后,干缩率的变化趋势减缓。竹材干燥时的干缩率变化不同于木材干燥,竹材一开始干燥时,维管束中导管即开始失水,维管束间无射线组织支撑,使竹材一经干燥就开始收缩,当含水率达 40% 时收缩开始减缓^[8-9]。

另外,从表 2 和图 2 中可以看出,弧形竹片的弦向平均干缩率大于径向平均干缩率;在弦向,竹青侧干缩率大于竹黄侧,在干燥前期(0~20 h),随着干燥时间的延续,竹青侧和竹黄侧的干缩率差异增大;在干燥 20 h 后,两侧的干缩率差异趋于稳定;最终竹青侧全干干缩率约为竹黄侧的 2 倍。竹材的内部构造,致使竹材弦向水分移动性能较径向好^[10]。使得弧形竹片的弦向平均干缩率大于径向平均干缩率。

图 3 为 100 ℃ 干燥温度,不同竹节数的弧形竹片干缩率。从图 3 中可以直观的看出,竹片的长度和竹节对于弧形竹片的干缩率没有明显影响。这主要是因为竹材的水分蒸发,主要是通过维管束中导管的纵向失水,而竹节的存在并未影响竹材节间维管束导管的纵向分布^[11]。

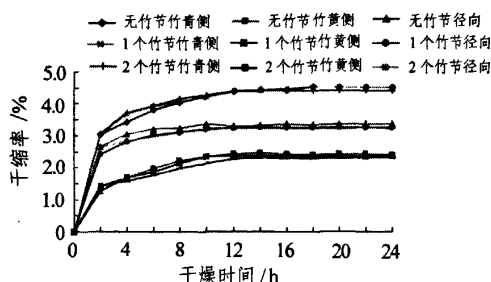


图 3 含不同竹节数的弧形竹片 100 ℃ 干燥时的干缩率
Fig. 3 Shrinkage rate of bamboo plate with different nodes dried at 100 ℃

由于竹节部位的结构与竹节间部位不同,图 4 为 100 ℃ 时,弧形竹片节部与节间干缩率比较。

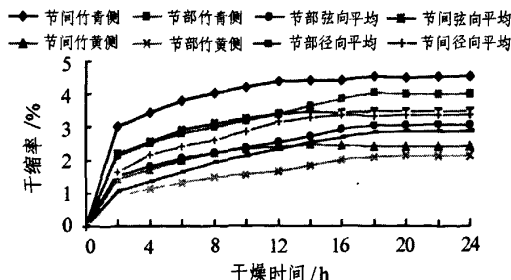


图 4 弧形竹片节间与节部 100 ℃ 干燥时的干缩率
Fig. 4 Shrinkage rate between node and internode dried at 100 ℃

从图 4 中可见,竹片节部竹青侧干缩率 < 节间竹青侧;节部竹黄侧干缩率 < 节间竹黄侧;节部径向平均干缩率 < 节间径向平均干缩率;在节间和节子部位,弦向平均干缩率都大于径向平均干缩率。

竹子节部的解剖构造比节间竹壁复杂^[4,11],致使节部的干缩率小于节间干缩率,弦向平均干缩率大于径向平均干缩率。

3 结论

1) 弧形竹片在初始高含水率阶段,干燥速度较快,干缩率较大;竹材含水率接近纤维饱和点时,干燥速度呈逐步减缓趋势,干缩率变化较小;当含水率降至 5% 时,干缩率趋于稳定。

2) 弧形竹片在干燥过程中,当干燥温度 60 ℃ 时,弧形竹片产生翘曲现象;大于 80 ℃ 时,翘曲变形还伴有皱缩;超过 100 ℃ 时,同时存在翘曲、皱缩和开裂现象。

3) 弧形竹片的不同部位存在干缩率差异。在弦向,竹青侧干缩率约为竹黄侧的 2 倍;弦向平均干缩率大于径向。弧形竹片的长度和竹节数对其干缩率及几何尺寸的影响不大,但竹节部位干缩率较小。

参考文献:

- [1] 王正,郭文静. 丛生竹物理力学性能及其对制造竹建筑材料的影响[J]. 世界竹藤通讯,2003,1(1):25-28.
- [2] Lee A, Bai X, Peralta P. Physical and mechanical properties of strandboard made from Moso Bamboo[J]. Forest Prod J, 1996 (46):84-88.
- [3] 李武,张占宽,程放,等. 弧形竹片加工方法及利用率分析计算[J]. 木材加工机械,2009,20(2):1-6.
- [4] 于文吉,江泽慧,叶克林. 竹材特性研究及其进展[J]. 世界林业研究,2002,15(2):50-55.
- [5] 山之内清,矢良太郎. 毛竹材的干燥[J]. 马灵飞译. 竹类研究,1990(1):75-82.
- [6] 孙照斌,田芸,杨庆. 竹材热压干燥过程中的水分迁移特性研究[J]. 中南林学院学报,2006,26(4):47-51.
- [7] Liese W. 竹材的性质与竹材的利用[J]. 竹类研究,1986(1):44-46.
- [8] Liese W. The relationship between bamboo structure, properties and using[R]. The seminar of the industrial using of international bamboo, Beijing, 1992:83-87.
- [9] 孙照斌,袁哲,强明礼,等. 龙竹竹材的微波干燥特性研究[J]. 林业机械与木工设备,2006,34(4):9-12.
- [10] Liese W. The anatomy of bamboo culms [M]. Beijing: Intl Network for Bamboo & Rattan, 1998.

(责任编辑 鲍加芬)