

文章编号: 1001-3776 (2015) 03-0057-04

高温热处理对毛竹材颜色 and 平衡含水率的影响

南 博^{1,2}, 王书强¹, 李延军^{1,2}, 殷丽萍¹, 黄成建¹, 王 丽^{1,2*}

(1. 浙江农林大学工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省木材科学与技术重点实验室, 浙江 临安 311300)

摘要: 以毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) 材为研究对象, 探讨热处理温度 (100 ~ 200℃) 和时间 (2h、3h) 对去青去黄后的毛竹材表面颜色 and 平衡含水率的影响规律。结果表明: 热处理能使毛竹材表面颜色均匀加深, 随着处理温度 and 时间的增加, 毛竹材的明度 (L*)、黄蓝色品指数 (b*) 和平衡含水率显著下降, 红绿色品指数 (a*) 先上升后下降, 总体色差 (ΔE^*) 显著上升, 说明热处理后竹材表面颜色逐渐由原色过度到棕褐色; 在本研究范围内, 通过高温热处理毛竹材的明度、黄蓝色品指数、红绿色品指数最大降低 56.45%、54.34%、37.40%, 平衡含水率降低 46.57%。

关键词: 毛竹材; 热处理; 表面颜色; 平衡含水率

中图分类号: S718.29

文献标识码: A

Effects of Heat Treatment on Color and Equilibrium Moisture Content of Bamboo Culm

NAN Bo^{1,2}, WANG Shu-qiang¹, LI Yan-jun^{1,2}, YIN Li-ping¹, HUANG Cheng-jian¹, WANG Li^{1,2*}

(1. Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China; 2. Key Laboratory of Wood Science and Technology, Lin'an 311300, China)

Abstract: Experiments of heat treatment on bamboo (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) culm were conducted with different temperatures and durations. The results showed that heat treatment could make the tested culm evenly deepen. Increase of temperature and duration of the treatment had negative relation with lightness (L*), yellow-blue value(b*) and equilibrium moisture content(EMC) of culm, but positive then negative with red-green value (a*), and positive with aberration(ΔE^*). This indicated that the color of the heat-treated bamboo became darker and darker from primary color. The experiment concluded that thermal treatment of bamboo culm could decrease lightness, yellow-blue value, red-green value and EMC by 56.45%, 54.34%, 37.40% and 46.57%.

Key word: bamboo culm; heat treatment; color; equilibrium moisture content

我国是世界上竹类资源最丰富 and 种植面积最大的国家, 有 40 多属、500 多种竹类植物, 竹林面积达 484.26 万 hm^2 , 其中经济利用价值较高、集中成片分布的毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) 林面积 337.20 万 hm^2 , 占 70% 左右^[1]。然而, 竹材内淀粉、糖类物质含量丰富, 使得其在加工和使用过程中极易受到细菌 and 害虫的侵袭, 严重影响了其装饰效果 and 使用寿命^[2]。为减少细菌 and 害虫对竹材 and 竹制品的危害, 提高竹制品的耐腐、抗虫 and 尺寸稳定性, 在竹制品生产过程中, 一般需要对竹材进行高温热处理。竹材经过热处理后, 色泽由黄白色变为浅棕色 or 咖啡色, 用其作为装饰材料, 古朴典雅, 深受欧美许多国家 and 地区的欢迎, 市场前景十

收稿日期: 2014-10-08; 修回日期: 2015-03-26

基金项目: 浙江省自然科学基金项目 (LZ13C160003); 浙江省科技厅资助项目 (2013C14006); 国家级大学生创新创业计划项目 (201310341005); 大学生科技创新推广项目 (2014R412043)

作者简介: 南博 (1993-), 男, 浙江温州人, 从事木材科学与技术研究; *通讯作者。

分看好。本研究系统分析热处理对毛竹制造用颜色和平平衡含水率的影响规律,为竹材的深加工提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究选用的毛竹采于 2013 年 7 月上旬,均采自浙江临安市,竹龄为 6 a,去除竹青以及竹黄部分,留取竹肉部分进行实验。毛竹含水率大于 50%,长度为 550 mm。毛竹试件要求无变色、霉变等可见缺陷。

1.2 仪器与设备

高温热处理箱(上海爱斯佩克环境设备有限公司);色彩色差计(DC-P3 新型全自动测色色差计)。

1.3 方法与步骤

对照组常温下未热处理的毛竹,实验组为热处理 100、140、150、160、170、180、190 和 200℃ 8 个水平温度和 2、3 h 2 个水平时间,总共进行 16 组热处理试验。木材颜色的测量和计算采用国际照明委员会推荐的 CIE 标准色度学系统(L^* , a^* , b^*)进行。测量热处理竹和对照件的平衡含水率时,先称取在室内放置 30 d 后的竹片初始质量,再将其烘至绝干,称取绝干质量,计算出不同处理条件下竹片的平衡含水率。

2 结果与讨论

2.1 高温热处理对毛竹颜色的影响

试验结果表明,在 2 h 同一处理时间水平条件下,随着热处理温度的逐步升高,毛竹的颜色由浅至深,呈增加趋势。而当处理温度达到 160℃以上,与对照组毛竹相比,毛竹呈现出明显的装饰性咖啡色,温度越高,毛竹颜色变化越大。在同一热处理温度条件下,随着热处理时间的延长,毛竹颜色稍微增加;温度越高,处理时间对竹材颜色变化的影响越不显著。除了定性观察热处理

处理前后毛竹颜色的直观变化外,本研究还使用色彩色差计定量分析了热处理对竹材明度(L^*)、红绿色品指数(a^*)和黄蓝色品指数(b^*)的影响规律。

2.1.1 高温热处理对竹材明度(L^*)的影响

由图 1 可知,随着热处理温度的升高和时间的延长, L^* 逐渐降低。与对照组($L^* = 80.21$)相比,在此次实验的条件下,通过热处理可以使毛竹的明度降低 1.68%~56.45%。在 100~140℃和 180~200℃时的明度变化随时间变化的较小,而温度在超过 140℃时对竹材表面颜色的变化影响较大。竹材热处理颜色变化和木材相似^[3~5],在热处理过程中竹材中各成分发生了复杂的化学变化,随着热处理温度的升高竹材中木质素的含量逐渐增加^[6],而木质素是竹材呈现不同颜色的主要因素。另外在热处理工程中,竹材中的纤维素和半纤维素上的羟基被氧化成羰基或羧基,木素被氧化成醌类物质,使木材颜色加深^[7~9]。

2.1.2 高温热处理对竹材红绿轴色度指数(a^*)的影响

图 2 为热处理对毛竹红绿轴色度指数 a^* 的影响。当热处理温度在 140~200℃时,处理毛竹材的

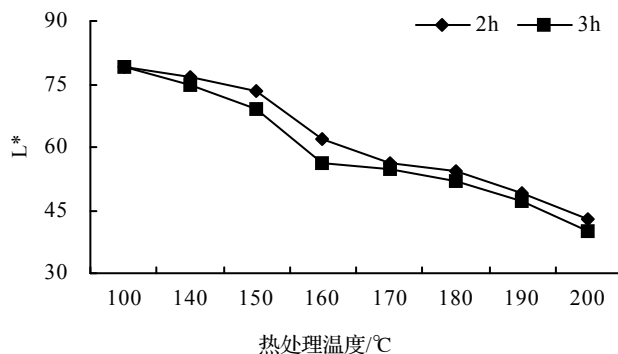


图 1 热处理对竹材明度 L^* 的影响

Figure 1 Effect of heat treatment on L^* of culm

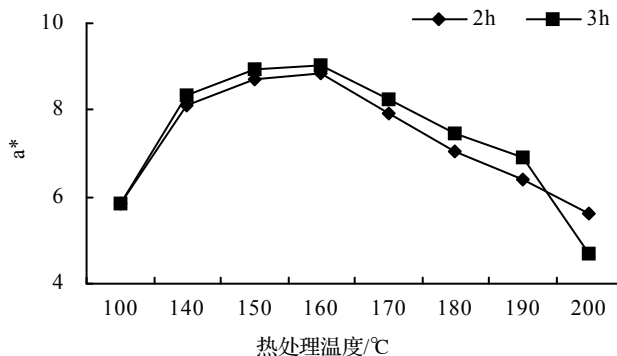


图 2 热处理对竹材 a^* 的影响

Figure 2 Effect of heat treatment on a^* of culm

a^* 呈现先增后减的趋势, 本实验内, 在 160°C 时, 与对照件 ($a^* = 5.64$) 相比, 通过热处理可以使毛竹的红绿色品指数最大上升到 37.40%。说明竹材表面的颜色向红轴正方向变化; 当温度大于 160°C 时毛竹的 a^* 值呈现逐渐下降的趋势, 当温度达 $190 \sim 200^\circ\text{C}$ 时, 处理毛竹材的 a^* 值与未处理竹材又无显著差异, 具体原因还有待研究。热处理时间对竹材的 a^* 也有一定影响, 当温度较低时热处理时间影响不是很显著, 但当热处理温度较高时, 时间的影响较显著。

2.1.3 高温热处理对竹材黄蓝轴色度指数 (b^*) 的影响 图 3 为不同热处理温度和时间对毛竹表面黄蓝轴色度指数 b^* 的影响规律。由图 3 可知, 毛竹黄蓝轴色度指数 b^* 随着温度的升高而逐渐下降, 说明竹材表面的颜色开始向黄蓝轴的中心方向靠拢。在本实验范围内, 在 200°C 时, 与对照组件 ($b^* = 26.25$) 相比, 通过热处理可以使毛竹表面的黄蓝色品指数最大下降到 54.34%。当温度低于 150°C 时, 高温热处理对毛竹黄蓝色品指数的影响不明显, 而处理温度高于 150°C 时, 提高处理温度和延长处理时间均能显著降低毛竹表面的黄蓝色品指数。

2.1.4 高温热处理对竹材总体色差 (ΔE^*) 的影响 图 4 为不同热处理温度和时间对毛竹总体色差 ΔE^* 的影响规律。由图 4 可知, 毛竹总体色差随着温度的增加而呈现显著上升趋势, 且温度越高上升的斜率也就越大, 热处理时间对毛竹总体色差的影响随着温度的升高而逐渐显著。在实验中随着热处理温度 and 时间的增加, 竹材表面

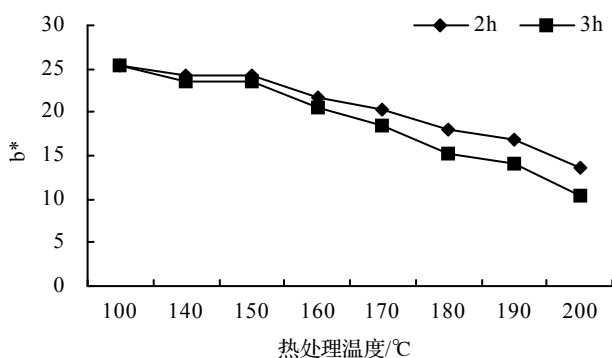


图 3 热处理对竹材 b^* 的影响

Figure 3 Effect of heat treatment on b^* of culm

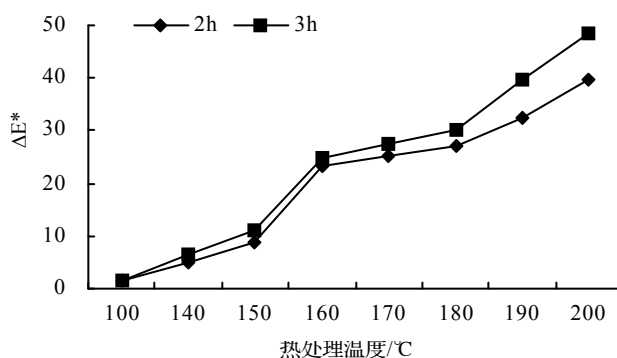


图 4 热处理对竹材 ΔE^* 的影响

Figure 4 Effect of heat treatment on ΔE^* of culm

会呈现暗色, 可以通过总体色差值表现出来, 其变色的原因, 也主要是竹材内部的化学成分发生了变化^[10]。竹材热处理变化导致竹材颜色变化的原因除上述介绍的以外, 相关文献^[11]介绍的还有竹材抽提物, 特别是酚类物质含量的改变。

2.2 高温热处理对毛竹平衡含水率的影响

图 5 为不同热处理温度和时间对毛竹平衡含水率的影响规律。由图 5 可知, 毛竹的平衡含水率随着温度的升高而逐渐降低, 经过热处理的毛竹平衡含水率明显低于对照组 ($\text{EMC} = 18.96\%$) 的平衡含水率, 时间对毛竹的平衡含水率也有一定的影响, 在起始阶段, 温度较低时时间对毛竹的平衡含水率影响较小, 随着温度的增加, 时间对毛竹平衡含水率的影响逐渐加大, 但温度在 180°C 左右时, 时间对毛竹平衡含水率的影响就会减小, 这是因为在 180°C 左右时热处理 2 h 或 3 h, 毛竹材的含水率已经很小, 自由水已经挥发完, 剩下的就是毛竹材里的结合水了。所以这时平衡含水率再随时间的变化就很小了, 在 200°C 时 2 h 和 3 h 所对应的平衡含水率分别为 10.41% 和 10.13%, 相对于参照组分别下降了 45.09%、46.57%, 查阅相关文献^[8-9]毛竹材平衡含水率随温度和时间变化的原因可以归纳为 3 个方面: ①在高温热处理过程中, 竹材细胞壁上非结晶区的纤维素分子间发生化学反应脱出水分, 产生醚键, 使得

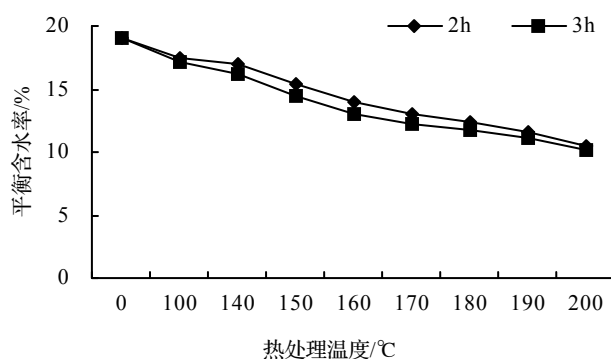


图 5 热处理对竹材平衡含水率的影响

Figure 5 Effect of heat treatment on EMC of culm

再随时间的变化就很小了, 在 200°C 时 2 h 和 3 h 所对应的平衡含水率分别为 10.41% 和 10.13%, 相对于参照组分别下降了 45.09%、46.57%, 查阅相关文献^[8-9]毛竹材平衡含水率随温度和时间变化的原因可以归纳为 3 个方面: ①在高温热处理过程中, 竹材细胞壁上非结晶区的纤维素分子间发生化学反应脱出水分, 产生醚键, 使得

纤维素游离羟基的数量减少,吸湿性能降低;②竹材内半纤维素多聚糖上的乙酰基发生水解,使得具有吸水性较强的羰基减少;③在热处理过程中细胞壁上具有较强吸水性能的半纤维素含量下降,使得竹材吸水性能下降。以上 3 大原因共同促进了竹材平衡含水率的减小。

3 结论

实验结果表明:

- (1) 通过高温热处理可以使毛竹的颜色均匀加深,表现为可以使毛竹明度 (L^*) 最高降低 56.45%,红绿色品指数 (a^*) 最高可升高 37.40%,黄蓝色品指数 (b^*) 最高可降低 54.34%。
- (2) 随着热处理的进行毛竹明度降低,总体色差升高,竹子颜色表现为暗色发黑。
- (3) 随着热处理时间和时间的延长,毛竹的平衡含水率 (EMC) 逐渐降低,其最高降低幅度可达 46.57%。
- (4) 热处理温度对毛竹的明度 (L^*)、红绿色品指数 (a^*)、黄蓝色品指数 (b^*) 和平衡含水率 (EMC) 的影响程度比热处理时间的影响程度显著。

参考文献:

- [1] 张齐生. 竹类资源加工及其利用前景无限[J]. 中国林业产业, 2007 (3): 22-24.
- [2] 秦莉, 于文吉, 余养伦. 重组竹材耐腐性能的研究[J]. 木材工业, 2010, 21 (4): 9-11.
- [3] 张守娟, 张士成, 张守慧. 加热处理对不同树种彩色的影响[J]. 林业科技, 1996, 21 (1): 44-46.
- [4] 谢桂军, 刘磊, 廖红霞. 马尾松木材热处理研究[J]. 广东林业科技, 2007, 23 (4): 6-10.
- [5] Bror Sundqvist, Olov Karlsson, Ulla Westremark. Determination of formic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to color, strength and hardness[J]. Wood Sci Technol, 2006, 40 (7): 549-561.
- [6] 张亚梅, 余养伦, 于文吉. 热处理对毛竹竹材颜色变化的影响[J]. 木材工业, 2009, 23 (5): 5-7.
- [7] Petrovici V G, Popa V I. Chemistry and chemical processing of wood. Vol II. Wood Chemistry[M]. Publishing House Lux Libris, Brasov (in Romanian), 1997.
- [8] 张亚梅, 于文吉. 热处理对竹材性能及变色的影响[J]. 木材加工机械, 2008 (4): 40-47.
- [9] 魏新莉, 向仕龙. 高温热处理对软木材色的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 1 (32): 66-69.
- [10] Alvaro Tejada, Takashi Okuyama, Hiroyuki Yamamoto, *et al.* Reduction of growth stress in logs by direct heat treatment: assessment of a commercial-scale operation[J]. Fundam Discipl, 1997, 47 (9): 86-93.
- [11] 孙润鹤, 刘元, 李贤军, 等. 高温热处理对竹束颜色 and 平衡含水率的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32 (9): 138-141.