

应用技术

紫外光辐照下热处理材变色行为的分析

陈太安, 徐忠勇, 乐杰培

(西南林业大学材料工程学院, 云南昆明 650224)

摘要: 以云南地区代表性商品材树种云南松和西南桦为试材, 进行不同温度下的热处理, 再将热处理材置于紫外光下辐照6周, 检测其材色变化。结果表明: 随热处理温度上升, 处理材的色差增加; 紫外光辐照下, 热处理材的色差低于对照材, 表明热处理可提高木材的颜色稳定性。热处理温度在200℃左右时, 处理材的材色稳定性较优。

关键词: 热处理; 紫外光辐照; 云南松; 西南桦; 变色

中图分类号: S781.6; TS652

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2014)06-0038-04

Discoloration of Heat Treated Wood under Ultraviolet Irradiation

CHEN Tai-an, XU Zhong-yong, YUE Jie-pei

(College of Materials Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

木材材色及其稳定性是木材外观的重要指标, 由于木材组分中发色或助色基团的变化, 使得热处理材在使用过程中可发生变色。针、阔叶树木材的化学组分有差异, 故两类木材及其热处理材的变色行为不一致^[1-3]。在太阳辐射能中, 紫外光是导致木材光老化降解的首要影响因素^[4], 因此木材光变色研究多以紫外光为试验光源^[1,3]。

热处理技术可改善木材的生物耐久性、尺寸稳定性, 还可以调节材色, 处理材可用于生产庭院家具、地热地板、室内装饰材等。基于此, 笔者以云南省具代表性的商品材树种阔叶树材西南桦和针叶树材云南松为研究对象, 检测这两类木材经热处理后在紫外光下辐照后的变色行为, 探究热处理材的光辐照稳定性及其变色机理, 旨在为拓展热处理材的户外应用, 提供基础数据和指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

① 西南桦(*Betula alnoides*), ② 云南松(*Pinus*

yunnanensis), 均外购。含水率8%~12%, 无开裂、腐朽、变色等缺陷, 规格(纵×弦×径)300 mm×100 mm×5 mm。

1.2 试验装置

紫外光老化箱; 全自动色差计; 高温热处理箱; 恒温恒湿箱等。

1.3 处理工艺

根据热处理工艺研究和实际生产情况, 采用Thermowood®的热处理工艺^[4]。

1) 以水蒸汽为保护气体, 以10℃/h的速度分别升温至160、180、200、220、240℃;

2) 保温2 h后, 停止加热, 冷却至80℃取出试样。

热处理过程中, 干球温度>120℃时, 湿球温度保持在93.5℃(昆明地区水沸腾的温度)。

1.4 检测方法

将热处理试样与对照材置于20℃、相对湿度65%的环境下平衡处理1周, 表面砂光约1 mm去除被污染的表面层, 测量其色度值后, 进行辐照试验。

参照ASTM G 154-2006《Operating fluorescent UV lamp apparatus for exposure of nonmetallic materials》, 采用波长340 nm的紫外光辐照试样6

收稿日期: 2013-11-20; 修改日期: 2014-09-24

基金项目: 云南省应用基础研究重点项目“云南特色阔叶林材增值利用技术基础的研究”(2011FA021); 国家自然科学基金“木材热致变色调控机制的研究”(31000267)。

作者简介: 陈太安(1977—), 男, 西南林业大学副教授。

周,黑板温度 60 ℃,辐照度 0.89 W/m²。试验过程中,每周定期测定试样的色度值。

采用 CIE(1976) $L^*a^*b^*$ 表色系统表征材色,分别计算热处理后、辐照不同阶段试样的明度 L^* 、红绿色品指数 a^* 、黄蓝色品指数值 b^* 、明度差 ΔL^* 、红绿色品指数差 Δa^* 、黄蓝色品指数差 Δb^* 和色差 ΔE^* ^[4]。各温度下设置 4 个重复试样,取平均值作为检测值。

2 结果与分析

2.1 热处理对木材变色的影响

表 1 为西南桦、云南松试样经不同温度热处理后的色度指标值。

表 1 不同温度热处理后西南桦和云南松的材色

Tab. 1 *Pinus yunnanensis* and *Betula alnoides* color changes under different heat treatment temperatures

树种	处理温度/℃	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
西南桦	对照	64.90	8.71	16.46	—
	160	58.01	6.46	15.09	7.38
	180	54.69	7.58	17.96	10.38
	200	42.16	10.09	19.21	22.95
	220	32.51	7.34	12.51	32.66
	240	28.14	3.87	8.80	37.86
云南松	对照	77.13	8.06	24.81	—
	160	65.69	8.63	24.29	11.47
	180	59.00	10.20	26.09	18.30
	200	47.82	10.62	24.41	29.42
	220	39.72	10.00	21.09	37.64
	240	29.41	4.88	10.94	49.80

从表 1 中的检测数据可见,随着处理温度的逐渐升高,处理材 ΔE^* 增大, L^* 降低, a^* 和 b^* 呈波动性变化。

分析原因,木材热处理过程中,在 120 ℃ 时半纤维素开始热解,130~145 ℃ 时木素分解,纤维素则到 160~170 ℃ 分解,但其分解速度缓慢^[4]。

半纤维素的降解及纤维素无定型区的降解,使得木素相对含量和抽提物量上升,同时木素发生缩合反应^[2,5]。热处理材变色主要是半纤维素分解生成的有色产物、抽提物量增加,及醌类氧化产物的生成导致^[6-8]。

由于针、阔叶树材的半纤维素含量不同,且阔叶树材的半纤维素比针叶树材更易热解^[4],因此,在实际生产中,阔叶树材的处理温度一般低于针叶树材。

本试验中,云南松的 ΔE^* 大于西南桦,可能是云南松木材本身的明度值较高所致。

对试材的明度 L^* 与处理温度 T 数据进行回归分析得出:西南桦的线性方程 $L^* = -0.4137T + 125.76$,测定系数 $R^2 = 0.958$;云南松: $L^* = -0.4549T + 139.38$, $R^2 = 0.989$,表明 2 个树种的 L^* 与 T 之间均存在良好的线性关系。

这是因为温度越高,木材化学组分的分解越剧烈, L^* 与葡萄糖、半纤维素、木素等成分热解密切相关,但与抽提物的关联度不高^[9]。

2.2 紫外光辐照对热处理材变色的影响

2 种热处理材经辐照 6 周后,其材色变化检测结果列于表 2。

表 2 紫外光辐照后热处理材的颜色变化

Tab. 2 Treated and untreated samples color change test results when exposed to ultraviolet light

树种	处理温度/℃	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
西南桦	对照	-11.75	1.35	7.41	13.96
	160	-5.78	3.26	8.42	10.72
	180	-2.43	1.03	5.06	5.71
	200	5.61	-1.65	1.73	6.10
	220	7.97	0.51	6.02	10.00
	240	7.35	2.83	7.07	10.58
云南松	对照	-18.52	7.81	10.93	22.88
	160	-10.80	5.80	8.04	14.66
	180	-5.75	2.91	4.84	8.06
	200	1.53	0.97	3.05	3.55
	220	5.08	0.85	3.56	6.26
	240	4.13	3.65	7.55	9.35

表 2 显示,辐照后,2 个树种对照材的 L^* 下降明显,材色变暗, a^* 和 b^* 呈现不同程度的增大,木材出现黄化和变红的趋势。

木材光变色主要是由于木素和聚合酚类抽提物发生光化学反应,使木素和其他非纤维素类多糖降解产生自由基,导致试材 L^* 下降^[10],而自由基与氧作用,可产生醌类或类醌类的有色分解物,可能是试材变黄或变红的原因^[1]。

从表 2 中的检测数据看出,辐照后热处理材的 ΔE^* 小于对照材,因为木材热处理时,半纤维素分解产生酚类、多糖类抽提物,抽提物具有抗氧化性,可防止木材光变色^[1],从而提高了处理材的材色稳定性。180 ℃ 以下热处理时,云南松的 ΔE^* 大于西南桦,但

200 ℃以上热处理时,云南松的 ΔE^* 反而小于西南桦。

西南桦的材色稳定性提高,主要是由于其 ΔL^* 和 Δb^* 下降,而云南松则是 ΔL^* 、 Δa^* 和 Δb^* 均下降使得其材色稳定性提高。180、200 ℃西南桦处理材、200 ℃云南松处理材的材色稳定性较优。

紫外光辐照过程中,处理温度对 L^* 影响明显,160、180 ℃处理材的 L^* 下降,200 ℃以上处理材 L^* 增加。原因有待进一步研究。

图1为西南桦和云南松在紫外光辐照下材色的变化过程。

从图1可以看出,在辐照过程中,两个树种的材色变化规律基本一致。对照材的明度变化主要发生在辐照的第1周内;热处理材在第1周内的明度或色

差变化幅度虽较大,但仍低于对照材。这是因为热处理过程中木素发生缩合反应导致结构变化,稳定性提高,故颜色变化幅度较小。

3 结论

1) 热处理温度对云南松和西南桦的材色变化影响明显,随处理温度的升高,木材明度降低、色差增大,颜色变暗。

2) 经紫外光辐照6周后,热处理材的色差较小,材色稳定性高于对照材,表明热处理改善了木材的材色稳定性。

3) 西南桦的热处理温度为180~200 ℃,云南松的热处理温度为200 ℃左右时,处理材的材色稳定性较优。

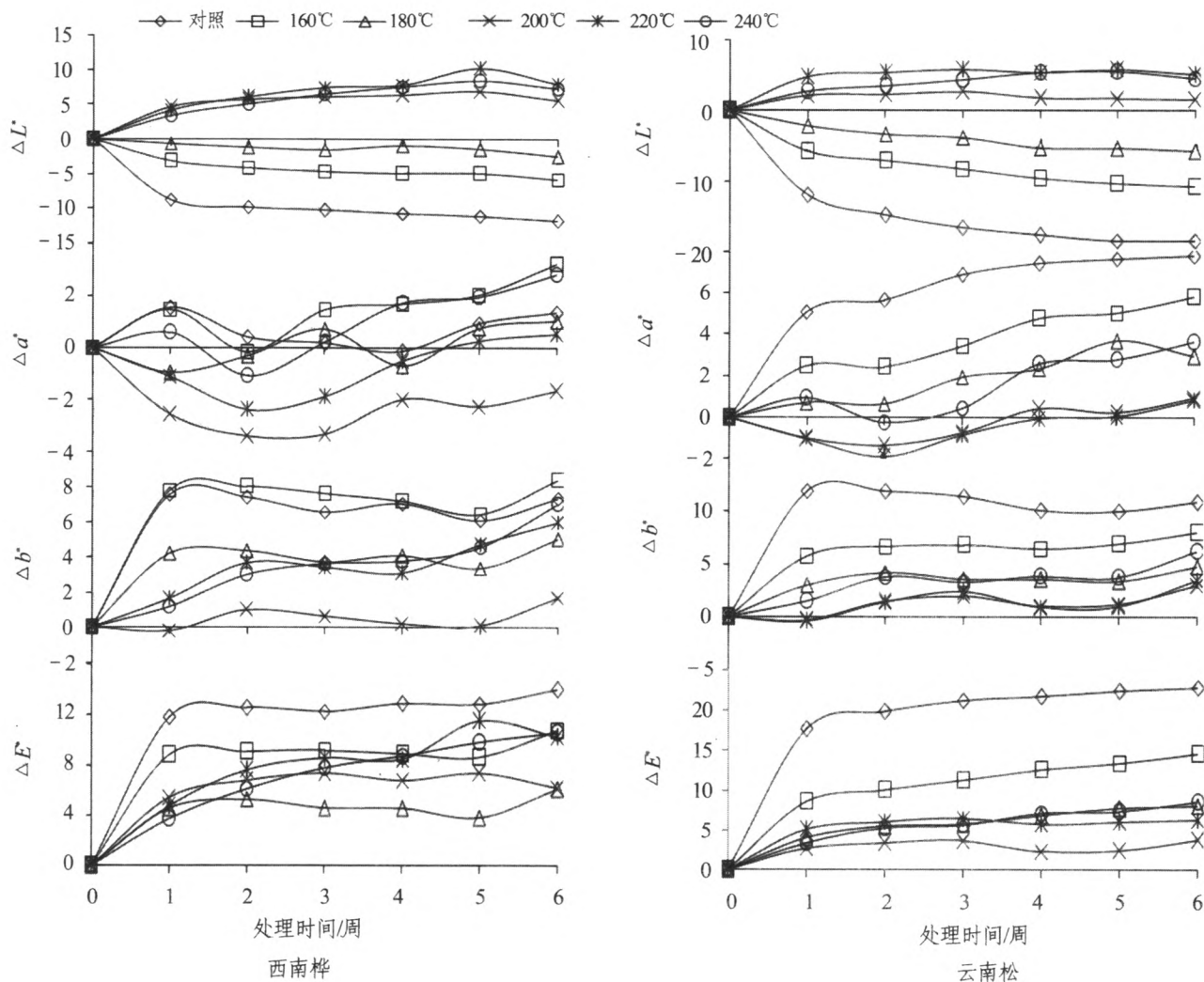


图1 紫外光辐照下处理材的颜色变化过程

Fig. 1 Treated and untreated wood samples color change process when exposed to ultraviolet light

参考文献:

- [1] Ayadi A, Lejeune F, Charrier F, et al. Color stability of heat-treated wood during artificial weathering[J]. Holz als Roh- und Werkstoff, 2003, 61(3): 221-226.
- [2] Kocaefe D, Poncsak S, Boluk Y. Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen[J]. Bioresources, 2008(2): 217-537.
- [3] Pandey K K, Vuorinen T. UV resonance Raman spectroscopic study of photodegradation of hardwood and softwood lignins by UV laser[J]. Holzforschung, 2008, 62:183-188.
- [4] 郭梦麟, 蓝浩繁, 邱坚. 木材腐朽与保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [5] 顾炼百. 木材改性技术发展现状及应用前景[J]. 木材工业, 2012, 26(3): 1-6.
- [6] Bekhta P, Niemz P. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood[J]. Holzforschung, 2003, 57: 539-546.
- [7] Sundqvist, B. Colour changes and acid formation in wood during heating[D]. Lulea: University of Technology, 2004.
- [8] Sundqvist S, Moren T. The influence of wood polymers and extractives on wood color induced by hydrothermal treatment [J]. HolzRohWerkst, 2002, 60: 375-376.
- [9] Esteves B, Marques A V, Domingos I, et al. Heat-induced color changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood[J]. Wood Sci Technol, 2008, 42: 369-384.
- [10] Rosu D, Teaca C, Bodirlau R, et al. FTIR and color change of the modified wood as a result of artificial light irradiation [J]. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2010, 99: 144-149.

(责任编辑 张一萍)

行业简讯

美 Stiles 公司 IWF 展大获成功

2014 年美国国际木工机械展(The International Woodworking Fair, IWF), 于 8 月 20—23 日在 Atlanta Georgia 举办, 此届展会的展览面积达到 44.8 万 m², 超过 900 家企业参展, 其中 200 家为首次参展; 观众约 2 万人次, 比上届展会增加 10%。

美国 Stiles 机械公司作为具有 45 年历史的机械供应商, 在此次展会中的展位面积最大, 逾 2 000 m², 产品涉及木材加工、门窗建筑等诸多领域; 展区内 50

多台不同功能和不同品牌的智能加工设备、新型工具及制造工艺技术等, 吸引了 2 000 多人到访展位, 比上届展会增加近 61%。

除提供优质的机器外, Stiles 还为客户提供丰富的问题解决方案。公司总部设在美国 Michigan 州, 并在 North Carolina, Texas 和 California 等多地设有办事处。

孟凡丹译

《木工机床》杂志 2015 年征订启事

国内统一刊号: CN 35-1105/TH; 国家标准代号: ISSN 1005-1937

创刊于 1979 年, 由福州木工机床研究所和中国机床工具工业协会木工机床分会主办的行业科技期刊。

报道内容: 制材机械、细木工机床、木工刀具、家具和木制品设备的设计计算、工艺装备、改装维修、标准与检测、行业信息与综述、技术讲座、国内外新产品介绍和技术发展趋势等。

读者对象: 从事木材加工的科技人员、管理人员、工人和高校师生(木工机床制造业、木工刀具、制材、

家具、建筑施工、造船、车辆制造、机械配套件、电气元器件、轻工、包装等部门)。

季刊, 大 16 开本, 40 页, 中文核心期刊, 国内外公开发行, 全国各地邮局订阅, 邮发代号: 34-29; 每期定价: 6 元, 全年 24 元。

地址: 福建省福州六一中路 115 号

邮编: 350005

电话: 0591-83361121

电子信箱: majc115@126.com