

“大不同”木材保护专栏

热处理改性木材的性能分析 I. 热处理材的物理力学性能

李惠明, 陈人望, 严婷

(上海大不同木业科技有限公司, 上海 200051)

摘要: 通过对针叶树材和阔叶树材分别进行热处理改性试验, 探讨热处理工艺对木材物理及力学性能的影响。试验结果表明: 试材颜色均随热处理温度的提高而加深, 尺寸稳定性得到明显改善; 试材的抗压强度、弹性模量呈增加趋势, 但静曲强度和冲击韧性有所降低。为开发适宜的热处理工艺和生产实践提供参考。

关键词: 针叶树材; 阔叶树材; 热处理; 物理力学性能

中图分类号: S781; TS6; TU531.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2009)02-0043-03

Physical and Mechanical Properties of Heat-Treated Lumber I.

LI Hui-ming, CHEN Ren-wang, YAN Ting

(Shanghai Dabutong Wood Industry & Technology Co., Ltd., Shanghai 200051, China)

Abstract: Heat treatment is a commonly-used method to improve the performance of lumber. In this paper, physical and mechanical properties of dimensional lumber of 4 selected Chinese species, treated under 180 °C and 230 °C, were evaluated. The results showed that the color of treated lumbers became darker with the increasing temperature. The dimensional stability, compression strength, and modulus of elasticity (MOE) showed considerable improvement. However, modulus of rupture (MOR) and impact resistance decreased when the treated temperature increased.

Key words: hardwood; softwood; heat-treated; physical and mechanical properties

提高木材耐久性的方法有两类: 一种是浸渍重金属和化学物质, 以提高木材防腐、抗虫能力, 但化学处理对人畜和环境有一定伤害和污染。另一种是将木材置于 200 °C 左右的环境中, 通过物理处理, 使木材获得良好的尺寸稳定性、耐腐蚀性、耐候性; 处理工艺对环境友好, 还可以改变木材的颜色, 以模仿珍贵木材的材色。因此, 近年来, 热处理改性木材产品, 热销于木结构建筑、庭院家具、栅栏、门窗等领域^[1-3]。

法国、芬兰、荷兰和德国等早在 20 世纪中叶, 就开始研究木材的热处理改性工艺, 并于 90 年代应用于工业生产^[2-3]。我国木材热处理的研究起步较晚, 目前, 从事防腐木生产的企业有 300 多家, 年销售量

仅 150 万 m³ 左右。热处理材的生产加工企业为数不多, 具有一定规模(6 000 m³/a 以上)的企业更是寥寥无几。

在积极倡导可持续发展的今天, 无化学药剂且色泽优雅的高温热处理木材, 将逐步取代传统的药剂浸渍处理木材。但热处理温度控制不当, 可导致木材的强度性能降低, 应用范围受限^[4]。因此, 根据处理工艺对木材物理、力学、化学及微观结构的影响规律, 制定合理的热处理工艺, 对于保证热处理材产品的质量, 意义重大。

笔者根据自身多年的生产实践, 在总结现有高温热处理工艺的基础上, 通过对常用二十余个树种木材的系列试验及性能测试, 自主开发了三段液相热解处理技术(发明专利, 申请号 200810033223.2), 并研制了高温木材真空、炭化装置(实用新型专利, 申请号

收稿日期: 2008-09-28; 修改日期: 2008-11-07

作者简介: 李惠明(1965—), 男, 上海大不同木业科技有限公司总经理, 高级农艺师。

200720198441. 2), 专业生产热处理改性木材产品。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 针叶树材 南方松(*Pinus spp.*), 试材规格: 3 000 mm×140 mm×38 mm(长×宽×厚, 下同), 含水率 15.5%, 美国进口; 樟子松(*Pinus sylvestris*), 4 000mm×95 mm×21 mm, 含水率 18.0%, 俄罗斯进口。

2) 阔叶树材 水曲柳(*Fraxinus mandshurica*), 100 mm×20 mm×16 mm, 含水率 12.5%, 产地东北; 柞木(*Quercus mongolica*), 3 000 mm×100 mm×25 mm, 含水率 22.6%, 产地东北。

1.2 试验装置

热处理装置(自制); WSC-S 型色差计; CMT 5505 力学性能试验机; MJB-1000 摆锤式冲击试验机。

1.3 试验方法

选用 3 段式工艺流程, 分别进行 4 个树种木材的低温(180 ℃)和高温(230 ℃)热处理。

1) 干燥段: 包括预热、循环真空干燥、调湿, 控制木材含水率至 3%~6%;

2) 热处理段: 逐步升温至 150~230 ℃, 同时向罐内喷入适量水蒸气, 以防止木材开裂;

3) 降温调湿段: 处理完毕, 向罐内喷入适量水蒸

气, 增加湿度。冷却至 60 ℃以下出罐。

每一树种的各种处理条件重复 10 次。

1.4 检测

1) 色度测定 将热处理试材与未处理的对照材一同放入调温调湿箱, 与大气环境平衡后, 砂去试材约 0.3 mm 的表层; 在整体材面上选取 5 个点, 用测色色差计测量: ① 明度 L^* , 以全白物体为 100, 全黑物体为 0; ② 红绿轴色品指数 a^* ; ③ 黄蓝轴色品指数 b^* 。每个点测 2 次, 取平均值。

总体综合色差

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2[5]}.$$

2) 性能测定 分别参照 GB 1934. 1-1991《木材吸水性测定方法》、GB 1934. 2-91《木材湿胀性测定方法》、GB 1933-1991《木材密度测定方法》、GB 1931-1991《木材含水率测定方法》、GB 1939-1991《木材横纹抗压实验方法》、GB 1936-1-1991《木材抗弯强度试验方法》、GB 1936. 2-1991《木材抗弯弹性模量测定方法》、GB 1940-1991《木材冲击韧性试验方法》进行; 选择测定 180 ℃热处理材的收缩率。

所有数据为 10 次测试结果的均值。

2 结果与分析

2.1 物理性能

4 树种热处理材的物理性能检测结果见表 1。

表 1 热处理温度对试材物理性能的影响
Tab. 1 Effect of increased temperatures on physical properties of heat-treated lumber

树种	处理 温度/℃	L^*	a^*	b^*	ΔE^*	吸湿性 ^[6] / %	吸水性/ %	湿胀性/%		密度/ (g·cm ⁻³)	平衡含 水率/%	收缩率/%		
								弦向	径向			弦向	径向	体积
南方松	未处理材	81.70	4.74	24.73		11.85	132.81	7.85	4.97	0.57	17.50			
	180	45.52	11.08	22.40	36.82	5.93	115.08	4.81	3.60	0.53	6.30	4.83	3.76	8.19
	230	37.09	8.49	14.95	45.83	4.97	79.08	3.99	2.23	0.51	4.70			
樟子松	未处理材	79.91	6.25	25.16		11.56	191.76	7.84	3.75	0.48	17.50			
	180	54.66	9.75	24.62	25.50	5.38	151.80	3.74	2.54	0.43	6.60	5.15	2.90	7.79
	230	40.93	8.01	20.44	39.30	3.89	133.53	3.09	1.88	0.40	4.50			
水曲柳	未处理材	61.07	7.13	18.23		11.74	106.82	8.53	9.33	0.62	17.50			
	180	38.59	8.91	16.43	22.62	4.28	99.25	4.35	1.29	0.57	6.30	3.60	1.94	5.50
	230	31.61	7.14	11.68	30.17	4.06	96.30	2.34	1.20	0.52	4.40			
柞木	未处理材	59.95	6.51	19.47		11.15	106.90	9.20	4.93	0.72	17.50			
	180	36.91	7.65	13.80	23.75	4.45	86.16	3.33	3.24	0.66	6.00	3.38	3.50	5.27
	230	30.03	6.27	10.27	31.30	4.04	79.50	2.37	1.25	0.60	4.35			

注: 素材的平衡含水率系采用我国上海地区 7 月份月均平衡含水率估计值, 取 17.5%。

1) 色度参数 从表 1 可知, 随处理温度的升高, 木材的明度 L^* 显著降低, 色差变大; 4 种树材的 a^* 均是先增大后减小, 针叶树材的 a^* 增幅较大, 阔叶树材的 a^* 变化幅度小, 柞木在 230 ℃时的 a^* 反而较素

材小; 4 种试材的 b^* 均呈下降趋势, 针叶树材的降幅较阔叶树材小。根据前述公式, 分别计算得到 180、230 ℃的 ΔE^* 。结果显示, 4 种树材的总体综合色差, 均随着温度的升高而增大。

2)物理性能 两类热处理材物理性能指标的变化幅度,见表 2。

表 2 热处理材主要物理性能指标随处理温度的变化幅度
Tab. 2 The change rate of lumber treated under different temperatures

类别	热处理温度/℃	平均吸湿性/%	平均吸水率/%	湿胀性/%		密度/%	平衡含水率/%
				弦向	径向		
针叶	180	6.05	28.85	3.57	1.29	8.72	11.05
阔叶	230	7.28	55.98	4.31	2.31	13.60	12.90
针叶	180	7.08	14.16	5.03	4.87	8.20	11.35
阔叶	230	7.40	18.96	6.51	5.91	16.40	13.13

由表 2 可知,随着处理温度的升高,热处理材的吸湿性和平衡含水率改善效果不大;对 2 类木材的密度和阔叶树材的湿胀性,有一定改善作用;但对于吸水性指标,特别是针叶树材的吸水性,改善效果非常明显。其原因是,热处理使木材中的半纤维素、纤维素等成分发生降解,羟基减少,纤维素的结晶度增大,从而使木材的吸湿性降低,尺寸稳定性提高。

2.2 力学性能

4 个树种热处理材的主要力学性能指标检测结果,列于表 3。

表 3 热处理温度对木材力学性能的影响
Tab. 3 Mechanical properties of lumber treated under different temperatures

树种	处理温度/℃	横纹抗压强度/MPa	MOR/MPa	MOE/MPa	冲击韧性/(J·cm ⁻²)
南方松	未处理材	47.61	108.02	919.25	4.20
	180	68.83	80.83	1 008.06	2.90
	230	68.67	84.88	1 075.18	2.40
樟子松	未处理材	35.56	55.07	566.14	2.41
	180	53.42	50.31	709.67	2.24
	230	45.07	59.18	735.97	1.64
水曲柳	未处理材	40.87	85.57	700.50	3.57
	180	55.73	80.25	962.67	1.99
	230	42.80	65.79	794.21	1.50
柞木	未处理材	47.78	109.29	976.48	4.96
	180	99.86	75.04	1 015.20	2.09
	230	87.66	52.98	898.58	2.08

由表 3 可见:

1) 4 个树种热处理材的横纹抗压强度,均比未处理素材有较大幅度提高,但 230℃热处理材的横纹抗压强度,较 180℃的有所下降。

2) 除樟子松外,其余 3 种处理材的 MOR,均比未处理素材有一定降低。随温度升高,2 种阔叶树材的 MOR 进一步下降,2 种针叶树材的 MOR 则略有增加,但仍低于素材的水平。只有樟子松在 230℃

时,MOR 反而高过其素材。

除柞木外,热处理材的 MOE 得到提高。随着处理温度的升高,阔叶树材的 MOE 有所下降,其中柞木在 230℃处理后,MOE 反而低于素材;而针叶树材则随温度升高,仍略有提高。

3) 4 种热处理材的冲击韧性,均比素材低。

处理温度对热处理材性能的影响分析发现,在 180~230℃范围内,随着处理温度升高,南方松的横纹抗压强度几乎不受处理温度的影响,MOR 和 MOE 还略有增加,仅冲击韧性有所降低;樟子松的横纹抗压强度和冲击韧性有所下降,MOR 和 MOE 有所提高。

对阔叶树材而言,提高处理温度,木材的几项力学性能指标均显著下降。

总体而言,热处理温度对阔叶树材性能的影响,大于对针叶树材。树种与处理温度的相关性,有待进一步研究。

3 结论

1) 按笔者设定的热处理工艺,热改性木材的吸湿、吸水、湿胀、密度和平衡含水率等指标得到显著改善,因而尺寸稳定性提高,可有效解决木材使用过程中的变形问题。

2) 热处理温度对处理材的强度有较显著影响。对 180℃的处理材,可用于正常强度需要的场合;210~230℃的热处理材,强度性能有所降低,但尺寸稳定性均有极大提高。需要根据木材的具体用途,选择热处理的温度范围。

3) 针叶树材更适合于高温热处理,用作室外材;而水曲柳、柞木等热处理材,则适用于室内家具、厨房家具、装饰材料、采暖地板等。

参考文献:

[1] 曹永建,吕建雄,孙振莺,等. 国外木材热处理工艺进展及制品应用[J]. 林业科学, 2007,43(2):104-105.
[2] 顾炼百. 炭化木的基本概念、分类和用途[J]. 中国木材保护, 2008,19(1):18-21.
[3] 龙超,郝丙业,刘文斌,等. 热处理木材的工艺及应用[J]. 木材工业, 2007,21(6):44-46.
[4] 周永东,姜笑梅,刘君良. 木材超高温热处理技术的研究及应用进展[J]. 木材工业, 2006,20(5):1-3.
[5] 候新毅,姜笑梅,殷亚芳. 从色度学参数研究 3 种桉树木材的透明涂饰性能[J]. 林业科学, 2006,42(8):57-58.
[6] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985: 403-403.

(责任编辑 张一萍、姜征)