

研究与开发

热处理工艺对针叶树材耐腐性及力学性能的影响

刘星雨, 黄荣凤, 吕建雄

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 对热处理后的樟子松、落叶松和扭叶松木材, 进行室内耐腐性和力学性能检测, 结果表明: 随着处理温度的升高和处理时间的延长, 3种木材的耐腐性明显增强; 木材的弹性模量和抗弯强度均随着处理温度的升高, 呈现先增后减的趋势。

关键词: 热处理; 针叶树材; 耐腐性能; 力学性能

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)01-0016-03

Durability and Mechanical Properties of Heat-Treated Softwood Lumber

LIU Xing-yu, HUANG Rong-feng, LV Jian-xiong

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Decay resistance and mechanical properties of heat treated Mongolian Scotch Pine, Dahurese Larch, and Beach Shore Pine solid wood samples were studied. Heat treatment temperatures ranged from 180 to 230 °C and the treatment duration ranged from 1 to 3 hours. The results indicated that higher temperature and longer time improved sample decay resistance. However, when compared to the untreated wood, the heat treated samples had increased mechanical properties at lower temperatures and then deteriorated under higher temperatures and prolonged duration.

Key words: heat-treatment; softwood; natural durability; mechanical properties

以延长木材使用寿命为目标的木材保护研究, 近年来受到重视。随着人们环保意识的增强, 多国已禁用有毒及污染性高的药剂处理, 因此, 研究环保、安全的防腐剂及处理方法, 是各国共同关注的焦点。

热处理以蒸汽、惰性气体、热油等为传热介质, 在高温条件下对木材进行处理, 使木材组分发生物理和化学变化, 从而提高木材的耐腐性能。因处理过程中无需添加化学药剂, 所以环保性显著^[1-5], 但热处理后, 纤维素和半纤维素有不同程度的降解, 导致木材的力学强度略有降低。

针叶树材是我国重要的木材资源, 因其易腐朽, 应用领域受到限制。笔者研究热处理对针叶树材的耐腐性及力学性能的影响, 以期在改善木材耐腐性能的同时, 确保其力学性能下降不影响其使用, 为进一步拓展针叶树材的应用范围提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试材 樟子松(*Pinus sylvestris* var.), 俄罗斯进口; 扭叶松(*P. contorta*), 加拿大进口; 落叶松(*Larix gmelini*), 产地黑龙江; 3种试材含水率约为13%。

3种木材的规格均为(长×宽×厚)500 mm×90 mm×40 mm, 各树种13组, 其中1组为对照材, 每组30个样本。热处理完成后, 截取规格20 mm×20 mm×10 mm的试件, 用于室内耐腐性能检测; 截取

收稿日期: 2009-12-11; 修改日期: 2010-11-18

基金项目: 引进国际先进林业科学技术创新项目(948计划)(2006-4-C03)。

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

通讯作者: 黄荣凤, 女, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士。

规格 300 mm×20 mm×20 mm 的试件,用于力学性能检测。

菌种 褐腐菌采用密粘褶菌 (*Gloeophyllum trabeum*); 白腐菌采用淡黄木层孔菌 (*Phellinus gilvus*)。中国林科院木材工业研究所提供。

热处理设备 由德国产的木材干燥机改造而成。

1.2 方法与检测

1.2.1 热处理工艺

热处理温度设置为 180、200、220、230 ℃;处理时间设定为 1、2、3 h。调整试件含水率 10%左右,水蒸气为导热介质,窑内氧气含量<2%。

1.2.2 性能检测

参照 GB/T 13942.1-92《木材天然耐久性试验方法 木材天然耐腐性实验室试验方法》,褐腐菌侵染时间为 16 周;白腐菌侵染时间为 14 周,检测试材室内耐腐性能。以试材的平均质量损失率评价木材的天

然耐久性,室内天然耐久性分类方法见表 1。

按照 GB/T 1927-1991《木材物理力学性质试验方法》,检测试材的抗弯强度(MOR)和抗弯弹性模量(MOE)。

表 1 木材耐腐朽分级标准(室内)

Tab. 1 Decay resistance after heat treatment

from laboratory test

质量损失率/%	耐腐性表述	等级分类
0~10	强耐腐	I
11~24	耐腐	II
25~44	稍耐腐	III
>45	不耐腐	IV

2 结果与分析

2.1 热处理条件对木材耐腐性能的影响

不同热处理条件下,3 种针叶树材的耐腐性能如图 1 所示。

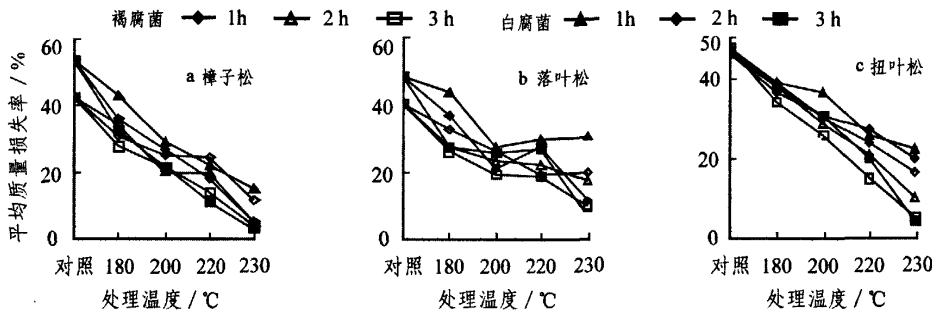


图 1 热处理樟子松、落叶松和扭叶松的质量损失率

Fig. 1 Weight loss of heat-treated samples

从图 1a 可见,未处理樟子松被褐腐菌和白腐菌侵染后,平均质量损失率分别为 42.8%(Ⅲ级)、54%(Ⅳ级)。随着处理温度的提高和处理时间的延长,樟子松的平均质量损失率呈现明显下降趋势,耐腐性显著提高。经过 230 ℃、2 h 处理的樟子松,褐腐菌、白腐菌的平均质量损失率均为 5.5%,为 I 级强耐腐,分别降低 38.6%和 51.3%。

从图 1b 可见,未处理落叶松被褐腐菌和白腐菌侵染后,其平均质量损失率为 40.3%(Ⅲ级)和 48.4%(Ⅳ级)。在 230 ℃下处理 3 h 后,两种菌侵染后的平均质量损失率分别降至 9.8%和 7.3%,降幅分别为 31.7%和 41.1%,达到 I 级。

图 1c 显示,褐腐菌和白腐菌侵染的扭叶松素材,其平均质量损失率分别为 47.5%和 46.3%,均为 IV 级不耐腐。在 180 ℃下,热处理时间的延长,对提高

扭叶松的耐腐能力的效果不明显。经过 230 ℃、3 h 的热处理后,被褐腐菌和白腐菌侵染后的扭叶松的平均质量损失率,分别降至 5%和 4.1%,其耐腐等级均为 I 级。

由此可见,3 种树种在热处理后,均达到了强耐腐等级。其原因是热处理木材中的营养物质在高温下降解,祛除木腐菌赖以寄生的物质,从而使其腐朽程度降低;同时木材各组分发生热降解反应等,产生糠醛和醋酸。纤维素及半纤维素含量减少,使木材的尺寸稳定性和耐久性提高^[6-7]。

2.2 热处理工艺对木材力学性能的影响

3 个树种热处理材的力学性能变化,见图 2。图 2 显示,樟子松和扭叶松素材的 MOR 分别为 76.1 和 99.6 MPa,经 180 ℃热处理后,最高增至 87.7 和 107.6 MPa,增幅为 15.2%和 8%。随着热处理温度

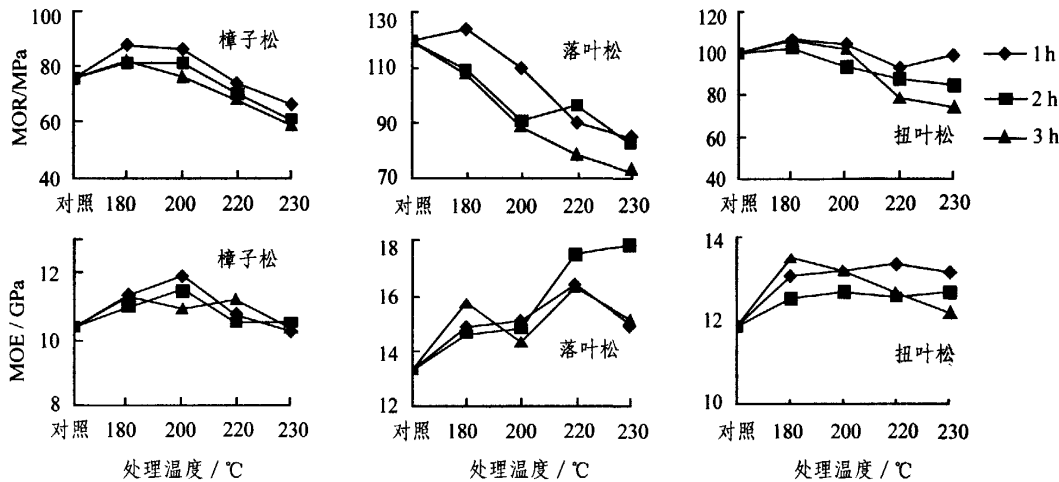


图2 高温热处理樟子松、落叶松和扭叶松的力学性能
Fig. 2 Bending performance of heat-treated samples

的持续升高,处理时间的继续延长,3个树种试材的 MOR 均呈现出下降趋势。在 230 °C、3 h 热处理后,樟子松、落叶松、扭叶松的 MOR 分别为 59.1 MPa、72.2 MPa 和 74.1 MPa,与各自的对照材相比,降幅分别为 22.3%、39.6%及 25.6%。

随着热处理温度的升高,及处理时间的延长,3种试材的 MOE 呈现先增后减态势。樟子松在 200 °C、1 h 处理后,MOE 从素材的 10.9 GPa 提高到 11.9 GPa,增加了 9.2%;在 230 °C、2 h 的处理后,落叶松的 MOE 由未处理材的 13.3 GPa 提高至 17.8 GPa,增幅达 33.8%;扭叶松未处理材的 MOE 为 11.9 GPa,经 220 °C、1 h 处理后,增至 12.7 GPa,提高了 6.7%。

热处理针叶树材的 MOR 和 MOE,均在较低温度处理后增大,原因是木材内无定形区水分的流失,结晶区面积增加,使得纤维排列方向趋于一致,此时热降解反应尚未占据主导地位,导致热处理材的 MOR 和 MOE 有所增加;而随着处理温度的持续升高,时间持续延长,热降解使得纤维素大分子链断裂形成小分子,破坏了木材的骨架架构,从而降低了木材的 MOR 和 MOE。

3 结论

1) 热处理工艺可显著降低被褐腐菌和白腐菌感染的樟子松、落叶松和扭叶松的平均质量损失率,其耐腐等级均提高到了 I 级强耐腐。

2) 3种热处理材的 MOR,随着处理温度的提高

和处理时间的延长,先有所增强,随后较大幅度地下降;而 MOE 虽然也呈现先增后减的趋势,但其 MOE 值始终高于对照材。说明热处理对 MOR 的影响较大。在选择热处理工艺时,需着重考虑试材的 MOR。

3) 综合考虑 3 种针叶材的耐腐性能、力学性能以及处理成本,本试验范围内,较优处理工艺为:热处理温度 220 °C,时间 2 h。

4) 热处理材适用于对木材强度要求不高的场合。生产时应根据热处理材的最终用途,以及对木材耐腐性能、力学性能的要求,选择适宜的热处理工艺。

参考文献:

- [1] Kim G H, Yun K E, Kim J J. Effect of heat treatment on the decay resistance and the bending properties of radiata pine sapwood[J]. Material and Organismen, 1998, 32(2): 101-108.
- [2] Rapp AO (Ed). Review on heat treatments of wood[C]// Proceedings of special seminar held in Antibes. France, 2001.
- [3] 曹永建. 蒸汽介质热处理木材性质及其强度损失控制原理[D]. 北京:中国林科院, 2008.
- [4] 周永东, 姜笑梅. 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] Hanger J, Huber H, Lackner R, et al. Improving the natural durability of heat-treated spruce, pine and beech [J]. Holzforschung und Holzverwertung, 2002, 54(5):92-93.
- [6] 李坚. 木材科学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [7] Hunng Z E, Maher K, Amartey S, et al. Evaluating the relative effectiveness of different drying techniques for reducing the odorous emissions from dahoma [C]//proceedings of the 4th International conference on Wood Science and Engineering in the Third-Millennium. Romania, 2004: 62-65.

(责任编辑 张一萍、姜征)