

综 述

木材超高温热处理技术的研究及应用进展

周永东, 姜笑梅, 刘君良

(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: 从研究背景、生产工艺及应用前景等方面, 介绍木材超高温热处理技术在国外的发展、应用及研究状况。资料表明, 木材经热处理改性后, 尺寸稳定性增强、平衡含水率降低, 且耐候性及抗生物降解能力增强。此技术的研究及应用, 对扩大人工林木材的加工利用可起到积极的促进作用。

关键词: 人工林; 木材; 热处理; 尺寸稳定性; 平衡含水率

中图分类号: TS 651 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2006)05-0001-03

Development and Application of Heat-treatment Techniques for Lumber

ZHOU Yong-dong, JIANG Xiao-mei, LIU Jun-liang

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

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

Abstract: Heat treatment is a way of drastically changing wood properties. Heat-treated lumber has been studied and produced in large scale overseas during the last decade. In this paper, the research and development of lumber heat-treating technologies are reviewed from research backgrounds, processing procedures, to the prospects of its utilization. The data shows that after heat-treatment, the dimensional stability of lumber is greatly improved, the EMC is reduced, and the weather resistant properties and durability to biodegradation are enhanced. The research and application of heat-treated lumber techniques will promote the utilization of plantation grown wood.

Key words: plantation grown; lumber; heat-treated; dimensional stability; EMC

木材是一种重要的可再生资源之一, 木材的综合利用水平关系到全球经济及社会的可持续发展。但近年来, 天然林木材资源在世界范围内短缺, 主要木材资源转向了人工林。由于人工林轮伐期短, 木材中幼龄材所占比例较大, 半纤维素和木素含量高, 材质较差, 且密度低, 尺寸稳定性及耐久性差, 因而限制了其使用途径。

研究人员曾尝试各种办法来提高木材的尺寸稳定性, 如在木材表面涂饰或粘贴贴面材料的外包法,

而更多的是采用药剂浸注处理法^[1], 将木材的羟基封闭, 从而减小木材的吸湿性, 改善其尺寸稳定性^[2]。

然而, 在最近 20 年, 随着生活质量的提高, 国外有各种报告, 对使用化学药剂处理材的安全性提出质疑。目前, 美国和欧盟都在制定一些规定, 在规定场合限制化学药剂处理木材的使用, 尤其是操场、甲板、野餐桌、篱笆、天井家具、名胜风景及儿童容易接触到的场合^[3]。欧盟将全面执行《关于限制经过砷防腐处理的木材进入市场的指令》, 涵盖了出口木材与各种木制品。类似的限制在日本和澳大利亚也都有规定。各国严厉的保护条例, 促进了安全及目标适应的研究与开发。在各种处理技术中, 非化学药剂处理的木材制品正在获得越来越广阔的市场空间, 其中木材的超高温热处理技术也占据了重要的位置。

收稿日期: 2005-12-27; 修改稿: 2006-08-30

基金项目: 国家科技部项目“木材干燥试验机升级改造开发”(2005JG100270)。

作者简介: 周永东 (1968—), 男, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士研究生。

1 木材超高温热处理及工艺

一般木材干燥中,温度 $<100^{\circ}\text{C}$ 为常规干燥, $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 为高温干燥, $>150^{\circ}\text{C}$ 为超高温干燥。木材的热处理就是利用木材在接近或高于 200°C 的超高温低氧含量环境中,持续处理一定时间后,使木材中半纤维素降解,木材细胞壁中羟基减少,木材的吸湿性能下降,尺寸稳定性及耐生物破坏性得到改善^[4]。因此,超高温热处理的木材被作为一个新型材料被广泛关注。自20世纪90年代后,芬兰、荷兰、法国、德国、加拿大、土耳其及日本等,相继进行了超高温热处理木材的研究与开发。

处理工艺对于材料的影响至关重要,如处理温度、处理时间、加热速率、木材树种、试件的重量与尺寸、初含水率等参数,都会影响产品的最终性能。处理工艺的确定主要是依产品的使用目的,在吸水性能改善与力学性能降低之间优化,找到可接受的平衡点。根据处理所使用介质不同,处理工艺主要分为3种。

1.1 蒸汽处理工艺

芬兰对超高温热处理木材的研究开始较早,经过十余年的发展,生产技术已经比较成熟^[5-7]。处理过程中,用水蒸气来防止木材燃烧,处理环境中氧气含量控制在 $3\%\sim 5\%$ 以下。处理过程分为3个步骤:

- 1) 升温过程,包括预热、高温干燥及再升温阶段;
- 2) 实际热处理阶段;
- 3) 冷却及平衡阶段。

所处理的木材树种包括松木、云杉、桦木及杨木。因为树种不同,其化学组成和细胞结构不同,所以热处理参数选择和最终效果均有所不同。

① 松木是热处理较适宜的材种之一,通常用于室外,且热处理工艺较剧烈。存在的问题是松木处理后流出的松脂,给处理设备及后期加工带来麻烦。但同时,脱脂松木的使用途径有所扩大。② 云杉的处理效果不好,节子和年轮容易松动而产生裂纹,油脂及后期加工也都有问题。③ 桦木处理的目的是获得良好的颜色及表面质量,但最大问题是易发生扭曲。④ 杨木热处理后可用于室内,特别是用于桑拿房的装修,但存在的问题是色泽不一致。

经热处理后的木材与未处理材相比,最显著的变化是平衡含水率的降低,继而与其相关的胀缩性均有所改善。试验证明,当处理温度超过 200°C 时,松木的耐候性和耐腐蚀性较好,但强度有所降低;桦木和杨木处理后最大的变化是,木材含水率变化对其尺寸稳定性的影响显著改善。总体结果表明,材质较均匀的径向材处理效果较好,而含有节子或弦向材处理后则缺陷较多。

· 2 · 万方数据

荷兰采用的蒸汽处理工艺有所不同,包括2个阶段:①热解过程,将生材或气干材在 $160\sim 190^{\circ}\text{C}$ 的高压环境下进行处理^[8-9],再用传统窑干干燥,使处理后的木材达到较低含水率(约 10%);②将干燥好的产品再次加热至 $170\sim 190^{\circ}\text{C}$,处理时间依木材种类、厚度等因素而异。试验材料包括山毛榉和苏格兰松木。对处理木材耐腐蚀性的试验结果显示,其耐腐蚀性有显著提高;另外处理后材料的吸湿性下降,且吸湿曲线与解吸曲线的间距明显大于未处理材,从而减小了在不同气候条件下,弦径向胀缩差引起变形的发生。

法国直接利用生材进行蒸汽处理。在干燥窑内,木材被加热到 230°C 。蒸汽主要来自木材中的水分。经超高温处理后,木材的吸湿性较未处理材低,一般的湿环境下,含水率只有 $4\%\sim 5\%$,而未处理材在相同环境下约为 $10\%\sim 12\%$ 。

1.2 惰性气体处理工艺

法国的木材超高温热处理,其研究初衷是为了改进木材在不同气候条件的尺寸稳定性^[10],通过超高温热处理,致使木材的吸湿性发生变化。处理过程是在充满氮气的特殊处理室中进行,要求室内含氧量低于 2% ,含水率 12% 左右的木材被缓慢加热到 $210\sim 240^{\circ}\text{C}$ 进行处理。结果显示:处理后木材的吸湿性能明显降低,且高温处理($230\sim 240^{\circ}\text{C}$)过程可破坏腐朽菌所需求的营养成分,耐腐蚀性能更好;但同时,处理也会造成木材颜色变暗、强度降低,MOR损失 40% ,且木材脆性增加。

1.3 热油处理工艺

德国及加拿大的木材热处理是在热油(植物油,如油菜籽、亚麻籽、葵花籽油等)中进行的,使木材在处理过程中与氧气充分隔离,且热传递效率高^[11]。研究结果显示,在处理温度为 220°C 时,可获得较好的耐久性和最小的吸油量。同时发现,为获得木材最高的耐久性和最大的强度,处理温度宜在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 间,吸油量也在可控较小范围内。所处理的木材种类以云杉和松木为主,在经过 220°C 约4h的处理后,木材纤维饱和点降为 14% ,而通常的纤维饱和点为 29% 。此方法的缺点是,处理成本较高,且存在着废油的净化及废弃处理问题。

2 研究趋势及应用

2.1 重点研究趋势与研究领域

目前研究机构正与生产商以项目方式进行合作,重点研究领域分布如下:

- 1) 处理材的质量控制及热处理木材的分级;

2) 热处理木材的加工性能,如旋切、握钉、涂饰性能,使用过程颜色的稳定性等;

3) 在木材改善尺寸稳定性及耐久性的基础上,如何使木材强度的降低程度最小;

4) 以最终产品所需颜色进行工艺研究;

5) 扩展热处理技术应用到更多树种的木材。

国外超高温热处理木材的应用与研究几乎同步。在 2000 年,芬兰的热处理木材年产能就已经达到了 50 000 m³。2006 年初,马来西亚第一套年产 10 000 m³的处理设备正式投产,用于橡胶木、柚木及相思木材等的热处理^[12]。

2.2 热处理木材的应用

经超高温热处理的木材可广泛应用于建筑内装修、外装修、地板及室内外家具中。如一些工厂正在尝试用热处理木材生产木地板,以替代热带阔叶树木材的使用;由于热处理木材优良的胀缩性、较低的吸湿速度及良好的耐久性,在桑拿房的建造中可广泛使用;还可用于公园中室外环境使用的桌、椅、甲板、篱笆及家具等。有些用户感觉热处理木材的颜色更具有吸引力,用其作为刀具、橱柜等的手柄或用于加工木制工艺品;用热处理木材生产门窗,可避免由于湿度变化而引起的开缝或挤紧开启不便的情况出现。但值得注意的是,热处理木材中残留的酸性物质较多,在使用过程中容易对连接件造成腐蚀,因此,最好使用不锈钢连接件。

3 结论与展望

国外热处理木材的研究已经进行了十余年,其工艺特点是处理温度都接近或高于 200℃,介质为低氧含量的惰性气体、水蒸气或油。热处理后木材吸湿性能下降,干缩及湿胀可下降达 50% 以上,因此,极大地改进了木材的尺寸稳定性;热处理木材的平衡含水率减小约 40% 以上,吸湿过程变缓,解吸过程加速;木材的耐生物侵害性得到很大改善。热处理木材在室外使用时,表现出极低的吸水性能,较少的开裂及较高的抗霉性能。但处理材的 MOR 及 MOE、抗冲击性、表面硬度及表面耐磨性等有所降低。

我国目前的木材尺寸稳定性研究仍然集中在采用化学方法方面,超高温热处理木材方面的研究与应用尚未见报道。由于西方发达国家利用隐蔽性强、不易监督和预测的技术性贸易壁垒,充当贸易保护的重要手段,给我国和其他发展中国家对外贸易造成极大的影响,所遭遇的技术性贸易壁垒(绿色技术标准)也在增加^[13]。使用环保、安全、无污染材料生产的制品

万方数据

越来越受到世人的追捧,也符合国际上环境与发展的主题。超高温热处理木材正是这样一种无污染、环保、安全且可持续的材料,是人工林木材拓展实木加工利用的有效途径之一,应引起足够重视,促进该项技术的研究与应用,与先进国家在技术上保持同步,从而减少技术性贸易壁垒的限制。

超高温热处理技术,可解决木材的尺寸稳定性问题,将极大地促进人工林木材的使用范围,为人工林木材发掘出更大的潜在市场机会。因此,不论是从对外贸易,还是从对人们身体健康及环境保护,都应大力发展无化学药剂处理的木材制品,相信在不久的将来,这一符合环境与发展资源理念的新型材料,在国家的经济建设中将发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 刘培义,孟国忠.木材的尺寸稳定性处理[J].木材工业,2003,17(2):24-26.
- [2] 刘君良,王玉秋.酚醛树脂处理杨木、杉木尺寸稳定性分析[J].木材工业,2004,18(5):5-6.
- [3] ERIC L. Wood preservation-global status[J]. Asian Timber, 2004(Nov/Dec):27.
- [4] MARKKU R. Wood heat treatment replacing chemicals[J]. Asian Timber, 2004(Sep/Oct):36-38.
- [5] TUULA S. et al. Production and classification of heat treated wood in Finland, Review on heat treatments of wood [C]. Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France. Hamburg BFH, 2001.
- [6] DIROL D. et al. The improvement of wood durability by retification process [C]. The International Research Group on Wood Preservation, Section 4-process. 24 Annual Meeting, Orlando, May 16-21, 1993;11.
- [7] BOONSTRA M. et al. Thermal modification of non-durable wood species [C]. The International Research Group on Wood Preservation, Section 4-process. 29 Annual Meeting, Maastricht, June 14-19, 1998.
- [8] HOLGER M. et al. Heat treatment of wood by the“PLATO-Process”, Review on heat treatments of wood [C]. Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France. Hamburg BFH, 2001.
- [9] GAROTE G. et al. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 1999, 57:191-202.
- [10] MICHEL V. Heat treatment of wood in France-State of the art [R], Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, Paris, France.
- [11] ANDREAS O. et al. Oil heat treatment of wood in Germany - State of the art, Review on heat treatments of wood [C]. Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France. Hamburg BFH, 2001.
- [12] MARKKU R. Asia's first wood heat treatment kiln[J]. Asian Timber, 2006(March/April):26-29.
- [13] 姜春前,徐秀英.中国木质林产品出口面临的技术性贸易壁垒研究[J].世界林业研究, 2005,18(5):52-56.

(责任编辑 姜 征)