

研究与开发

辐射松的化学改性及多层压缩干燥工艺

武国峰, 姜亦飞, 张浩, 周舒珂, 蒲俊文

(北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 采用脉冲式加压浸渍方式, 将化学改性剂浸入辐射松原木内, 然后将原木制成一定尺寸的板材, 在多层压缩干燥窑内进行干燥处理, 检测处理后木材的物理力学性质和干燥质量。试验结果表明, 处理后木材的物理力学性质比素材提高, 干燥质量达到 GB/T 6491-1999《锯材干燥质量》二级质量要求。

关键词: 辐射松; 化学改性; 多层压缩干燥; 木材密实化

中图分类号: S791.252; TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)06-0012-03

Process of Chemical Modification and Multilayer-Press Drying of Radiata Pine

WU Guo-feng, JIANG Yi-fei, ZHANG Hao, ZHOU Shu-ke, PU Jun-wen

(College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The authors impregnated radiata pine (*Pinus radiata*, from New Zealand) logs with a modified urea solution to improve lumber performance, sawed the logs into dimensional lumber after chemical treatment, and then densified the lumber with a multilayer press at 90 °C in a drying kiln. The densified lumber bending strength, modulus of elasticity, compressive strength parallel to wood grain, and drying qualities were improved considerably and met the specification of the Chinese national standard GB/T 6491-1999 for second grade lumber.

Key words: *Pinus radiata*; chemical modification; multilayer press drying; wood densification

辐射松木材密度中等, 易于干燥和加工, 广泛用于轻型地板、家具制作^[1]。对辐射松木材进行化学药剂浸渍及压缩密实化处理, 可增强其物理力学性能, 改善干燥性能, 扩大适用范围。

国内外对人工林木密实化处理的常用方法有: 常压软化压缩、浸渍压缩及高压密闭压缩。目前木材浸渍多采用真空加压浸渍法, 存在试件的尺寸受限制, 药剂很难浸入心材等问题。压缩定型处理多在热压机上完成, 仅仅是实现了木材的压缩强化, 没有和木材干燥相结合。

针对以上问题, 笔者设计开发了脉冲式原木浸渍机和多层压缩干燥窑。脉冲式浸渍机对原木进行浸渍处理, 可避免真空加压浸渍对板材尺寸的限制; 多

层压缩干燥窑在常规干燥窑的基础上改进而成, 可实现干燥与压缩同时完成, 达到改善木材力学强度和尺寸稳定性、提高干燥速度、节约能源的目的。

1 试验材料与主要设备

1.1 材料

辐射松(*Pinus radiata*)原木, 采自新西兰。按 GB/T 1933-2009《木材密度测定方法》测定平均基本密度为 0.51 g/cm³, 胸径约 50~60 cm, 长度 120 cm, 压缩处理试件尺寸为 1 200 mm×140 mm×70 mm。

木材改性剂^[2]由环六亚甲基四胺、尿素等合成, 具有一定聚合强度的小分子量物质, 溶于质量分数为 20% 尿素溶液中, 其质量分数为尿素溶液质量的 10%。通过木材改性剂与木质纤维素发生交联反应, 实现使木材尺寸稳定性提高的目的。

1.2 主要设备

脉冲式原木浸渍机, 自制; 多层压缩干燥窑, 自

收稿日期: 2009-12-11; 修改日期: 2010-09-27

基金项目: 引进国际先进农业科学技术(948 计划)(2006-4-108)。

作者简介: 武国峰(1983—), 男, 北京林业大学博士研究生。

通讯作者: 蒲俊文, 男, 北京林业大学教授, 博士生导师。

制;木材万能力学试验机;电热恒温水浴锅等。

2 试验方法及工艺

2.1 化学改性

如图 1 所示,在脉冲式压强(0.7~0.8 MPa)的作用下,从原木两端进行化学药剂浸渍处理^[3]。根据原木胸径选择加紧模具,在室温条件下,浸渍处理原木 25 min。改性剂用量计算公式^[4]:

$$V_0 = V \cdot \phi = 1 - \frac{\rho}{1.5} \tag{1}$$

式中: V_0 —浸渍液的体积,L; V —木材体积,L; ϕ —木材的孔隙率,%; ρ —木材绝干密度,g/cm³;1.5—木材实质密度常数,g/cm³。

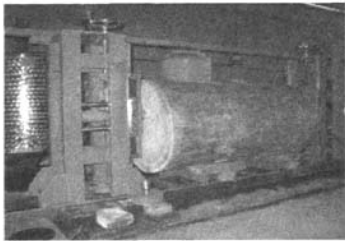


图 1 脉冲式浸渍机
Fig. 1 Equipment for pulse impregnating chemicals

2.2 多层压缩干燥

多层压缩干燥窑^[5]内装载了油压缸,干燥介质为热空气。本试验中木材的压缩量为 28.6%,通过厚度规控制作用在木材上的压力为 12.3 MPa。浸渍处理过的原木锯成规定尺寸的试板,分层装载到干燥窑里。打开风机和换热器,当木材加热到 90 ℃时,开启加压油缸开始加压,进行木材的压缩密实化处理。

2.2.1 材堆分布

如图 2 所示,各层试板间用压板和丝网隔开,以便于木材的压缩定型和干燥介质的流动。本试验选择了 8 层干燥,每层装载试板 8 块。

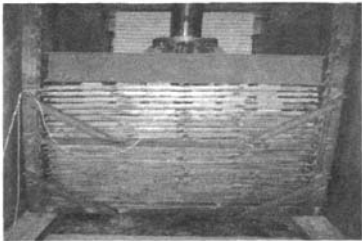


图 2 多层压缩干燥窑
Fig. 2 Multilayer press drying kiln

2.2.2 干燥工艺
选择干燥温度基准^[6-7],见表 1。

表 1 压缩干燥过程的干燥基准
Tab. 1 Drying schedule for modified lumber

木材温度/℃	干燥介质温度/℃	木材含水率/%	备注
室温	室温	65	连续喷蒸
90	110	55	排湿处理
95	105	35	
95	105	30	喷蒸处理
105	110	25	
105	120	20	喷蒸处理
105	120	12	降温调湿

- 1) 通过连续喷蒸,使木材均匀受热,避免因干燥条件剧烈而导致木材开裂情况;
- 2) 在相对湿度 100%的条件下,预处理木材 8 h,使其温度达到 90 ℃,充分吸湿,以利于压缩定型;
- 3) 随着木材含水率的降低,增大对木材施加的压力,木材的压缩量不断增加;
- 4) 当木材含水率降到约 25%时,增加压力至 12.3 MPa 并保持,使木材变型固定;
- 5) 继续干燥木材至终含水率 12%时,停止加热,进行调湿处理,消除木材中残余应力。

2.3 性能检测

根据 GB/T 1936.1-2009《木材抗弯强度试验方法》检测试件抗弯强度;根据 GB/T 1936.2-2009《木材抗弯弹性模量测定方法》检测试件抗弯弹性模量;根据 GB/T 1935-2009《木材顺纹抗压强度试验方法》检测试件顺纹抗压强度;根据 GB/T 6491-1999《锯材干燥质量》,检测对干燥后的木材质量。

3 试验结果与分析

3.1 压缩工艺参数

图 3 显示干燥过程中,木材的含水率及温度的变化情况。对于 70 mm 厚辐射松木材,从含水率 61%干燥到含水率 12.1%,共用时 66 h,干燥速度为 0.74%/h。

经过压缩干燥,每块试板的厚度由 70 mm 降至 50 mm,压缩率为 28.6%,压缩共用时 45 h。由图 4 可知,木材压缩过程中,所受到的最大压强为 12.6 MPa;从图 5 所示,木材所受压强和其含水率的关系可以看出,在木材含水率约 45%和 32%时,木材承受压强急剧增加,说明此时木材内应力比较大,需要施加较大的压力才可以克服,或者升高温度,进一步软化木材,以利于木材压缩成型。

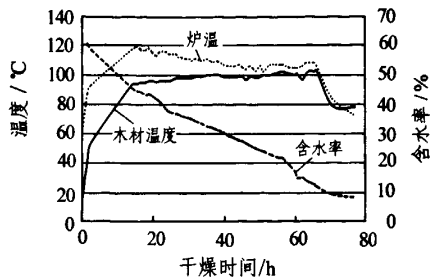


图3 压缩干燥的温度及含水率变化

Fig. 3 Temperature and moisture content of lumber during the drying process

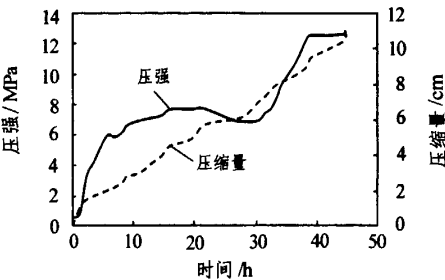


图4 木材压缩量、压强与时间关系

Fig. 4 Compression rate and pressure of lumber during the drying process

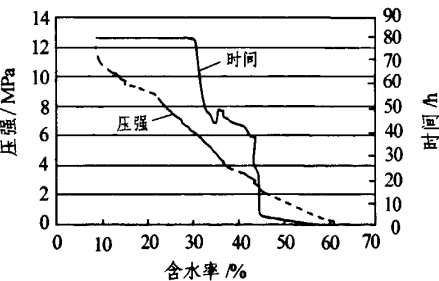


图5 木材压强、干燥时间与含水率关系

Fig. 5 Pressure and drying time vs. lumber moisture content

3.2 物理力学性质

如表2所示,经过化学药剂改性及多层压缩干燥处理后,辐射松木材的基本密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度,比素材和普通高温干燥材均有大幅提高。其原因一方面是由于木材改性剂的加入,对木材的结构有填充作用,同时与部分纤维素发生了聚合或者交联反应^[8];另一方面,由于压缩干燥处理,使得辐射松木材的结构更加紧密,故其物理力学性能进一步增强。

表2 改性后前后辐射松板材物理力学性能变化

Tab. 2 Physical and mechanical properties of modified wood

辐射松 类型	基本密度/ (g·cm ⁻³)	抗弯强度/ MPa	抗弯弹性模量/ MPa	顺纹抗压强度/ MPa
素材	0.50	51.3	5 516.1	27.3
压缩干燥材	0.79	85.4	11 730.0	41.0
高温干燥材	-	61.5	5 903.8	33.3

注:高温干燥材的数据来源于文献6。

3.3 干燥质量评价

辐射松木材的干燥终含水率为10.3%,厚度上含水率偏差为3.8%,残余应力为3.1%,干燥质量达GB/ T6491-1999 二级质量要求;在靠近加热器的一端,有少数板材颜色略微变深,其余基本保持木材本色,能够满足普通用材的要求。

4 结论

1) 采用脉冲浸渍方式,在改性剂作用下,90℃即可对辐射松木材进行压缩处理,在120℃时完成压缩与干燥。

2) 经过木材改性剂及压缩干燥处理后,辐射松木材的基本密度、抗弯强度、抗弯弹性模量及顺纹抗压强度,均比素材和普通高温干燥材提高,干燥质量达到GB/T 6491-1999 二级质量要求。

3) 本试验所用木材改性剂对木材的力学性能有改善作用,具体的机理有待进一步研究。

参考文献:

[1] 王恺. 木材工业实用大全: 木材卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 606.

[2] 蒲俊文, 武国峰, 姜亦飞. 一种木材功能性改良的技术方法: 中国, 200910119846. 6[P]. CN101549508.

[3] 蒲俊文, 马福明, 武国峰, 等. 用于木材改性的药液加压浸注设备: 中国, 200910131080. 3[P]. CN101618559.

[4] F F P 科尔曼, W A 科泰. 木材学与木材工艺学原理[M]. (江良游, 朱正贤, 戴澄月, 等, 译). 北京: 中国林业出版社, 1991: 155-156.

[5] 蒲俊文, 马福明, 武国峰, 等. 一种用于木材改性的压缩干燥设备: 中国, 200910131079. 0[P]. CN101531018.

[6] 涂登云, 江宁, 李睿, 等. 辐射松板材加速干燥工艺对材性的影响[J]. 林产工业, 2004, 31(2): 34-37.

[7] 郭明辉, 赵西平. 小径木白桦锯材干燥特性的研究[J]. 材料科学与工艺, 2009, 13(5): 459-465.

[8] Wu Guofeng, Jiang Yifei, Zhang Hao, et al. Chemical and physical changes for dimensionally stability of compressed wood [J]. Advanced Materials Research, 2010, 129-131(part 1): 46-49.

(责任编辑 向琴)