

研究与开发

压缩工艺对甘油预处理压缩木性能的影响

闫丽¹, 曹金珍², 崔永志³

(1. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100; 2. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083;

3. 东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 采用甘油水溶液预处理青杨木材, 然后在不同热压温度及保压时间条件下制备压缩木, 考察其微观构造、变形回复率及表面硬度。结果表明: 热压温度越高、保压时间越长, 木材压缩变形回复率越低, 但保压时间过长会导致压缩木的表面硬度降低。优化压缩工艺为: 热压温度 180 °C、保压时间 30 min; 或热压温度 160 °C、保压时间 60 min。

关键词: 压缩木; 压缩工艺; 甘油; 回复率; 微观构造; 表面硬度

中图分类号: TS653.7; S781.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2014)01-0014-04

Effect of Compressing Technology on Compressed Wood Pretreated with Glycerin

YAN Li¹, CAO Jin-zhen², CUI Yong-zhi³

(1. Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China;

2. College of Materials Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3. Materials Science and Engineering College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: Poplar samples were pretreated with a 50% (volume fraction) glycerin solution and then compressed at various temperatures and times. The samples were then measured and analyzed for recovery ratio, surface hardness and microscopic. The results showed that the recovery ratio decreased while the compressive temperature and time increased but the surface hardness was reduced when the compressive time was longer than 60 min. The optimum processing parameters was 30 min compression at 180 °C or 60 min compression at 160 °C.

Key words: compressed wood; compressing technology; glycerin; recovery ratio; microscopic structure; surface hardness

对低质、速生木材进行压缩改性, 是提高其物理力学性能、提升利用价值的重要途径之一。随着木材加工技术的发展, 压缩木产品的应用日益广泛, 如用于制作楼梯扶手、家具腿、框架、工艺品、装饰家具等高强度木制品或其部件。但是, 如果不对压缩木材进行变形固定处理, 在水、热条件下, 压缩变形大部分会回复。因此, 木材压缩变形固定的方法及机理成为研究热点。

常用木材压缩变形固定的方法主要有: 热处理^[1]、蒸汽处理^[2-3]、交联化反应^[4]等。热处理和蒸汽处理需在木材压缩前后, 对其进行一段时间的加热处理和蒸汽处理, 增加了压缩木的生产工序、延长了生产时间; 传统的交联化反应多采用甲醛处理, 虽然固定木材压缩变形的效果好, 但对环境污染很大。

笔者前期研究发现^[5], 采用体积分数为 50% 的甘油水溶液预处理的木材, 在 160 °C 下热压 60 min, 可使压缩变形得到较好的固定。木材是一种黏弹性材料, 在压缩过程中, 热压温度和保压时间具有同等效应, 采用不同的热压温度及保压时间的合理组合工

收稿日期: 2013-04-27; 修改日期: 2013-12-06

基金项目: 西北农林科技大学基本科研一般项目“膨胀剂与细胞壁主成分的相互作用机理”(QN2011140); 中国博士后科学基金“甘油预处理木材炭化机理研究”(2012M512032)。

作者简介: 闫丽(1980—), 女, 西北农林科技大学讲师, 博士。

艺,可能达到相同的压缩效果。在前期研究的基础上,笔者对 50%甘油水溶液预处理木材的压缩工艺进一步探讨,分析不同热压温度及保压时间对压缩木微观形态、变形回复率及表面硬度的影响,旨在今后该方法在实际生产中的推广应用,提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 青杨(*Populus cathayana*):边材,平均气干密度 0.52 g/cm³,气干含水率 8.69%,平均年轮宽度 7.18 mm,规格(纵向×弦向×径向)300 mm×50 mm×37 mm,采自新疆喀什。

2) 甘油:分析纯,由北京化学试剂公司提供,用蒸馏水配成体积分数为 50%的甘油水溶液。

1.2 仪器设备

SYSMEN-II 智能控制实验压机,扫描电子显微镜,显微硬度计等。

1.3 试验方法

1.3.1 甘油预处理

将试样在 50℃、50%的甘油水溶液中浸泡 10 h,使其平均吸液量为 7.75×10⁻² g/cm³[5],浸泡完成的试样立即进行压缩处理。

1.3.2 压缩工艺

试样径向方向施压压缩,弦向和纵向用金属模具固定,防止压缩时弦向和纵向发生形变,压缩后试材厚度为 15 mm(压缩率 60%)。预试验结果表明:当热压温度为 160、180℃、保压时间分别超过 60、30 min 时,压缩木变形回复率随保压时间的延长变化不明显。据此,笔者采用单因素试验,各因素水平列于表 1。

表 1 压缩木压缩试验的因子及水平
Tab. 1 Compression factors and levels
for compressed wood

热压温度/℃	保压时间/min
140	60、120、180、240
160	30、60、120
180	20、30、60

1.4 性能检测

1) 扫描电镜观察

如图 1 所示位置,从压缩木试样及浸水回复后试

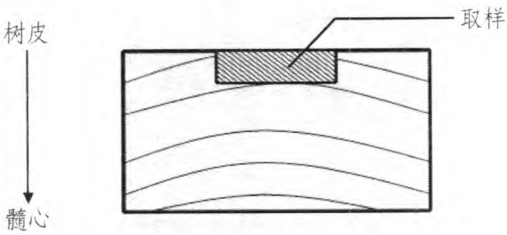


图 1 扫描电镜观察取样示意图

Fig. 1 Schematic sampling diagram for SEM observation

样上,锯制规格(径向×弦向×纵向)6 mm×6 mm×1 mm 的试片,观察其横切面。

2) 压缩变形回复率

参照文献[6-7]进行测定。具体方法为:

压缩后试材气干 7 d,放入 60℃烘箱中烘至恒重,测量其厚度 L_c 。在室温(25℃)条件下,将试材浸渍在水中并抽真空(真空度 0.1 MPa)0.5 h,再恢复常压浸渍 3.5 h,然后在沸水中煮沸 0.5 h,取出气干 7 d 后放入 60℃烘箱中烘至恒重,测量其厚度 L_r 。每组取样 3 块,每块试样测量 4 个点,结果取平均值,计算试样的压缩变形回复率。

3) 表面硬度

选择加载压力为 19.614 N,时间 50 s。每组压缩木重复检测 3 块试样,每个试样测量 3 个点,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 压缩木变形回复前、后 SEM 观察

为进一步比较热压温度及保压时间对压缩木压缩变形固定的影响,选择压缩变形固定效果较好的 160、180℃热压的压缩木试样,进行浸水前后横切面 SEM 观察,结果如图 2 所示。

当热压温度为 160℃时,随保压时间的延长,压缩木的孔隙度(图 2b、2d、2f)和其经过冷、热水处理后的回复程度(图 2c、2e、2g)均降低;保压时间 60 min 压缩木的孔隙度(图 2d、2h),和其经过冷、热水处理后的回复程度(图 2e、2i),均随热压温度的升高而降低。

SEM 图显示:木材的压缩过程只是将细胞腔压密,并未破坏细胞壁结构。压缩木经冷、热水处理后,导管的径向尺寸回复比较明显,但仍小于未处理材,并且随着热压温度的升高和保压时间的延长,导管细胞腔径向回复率降低。

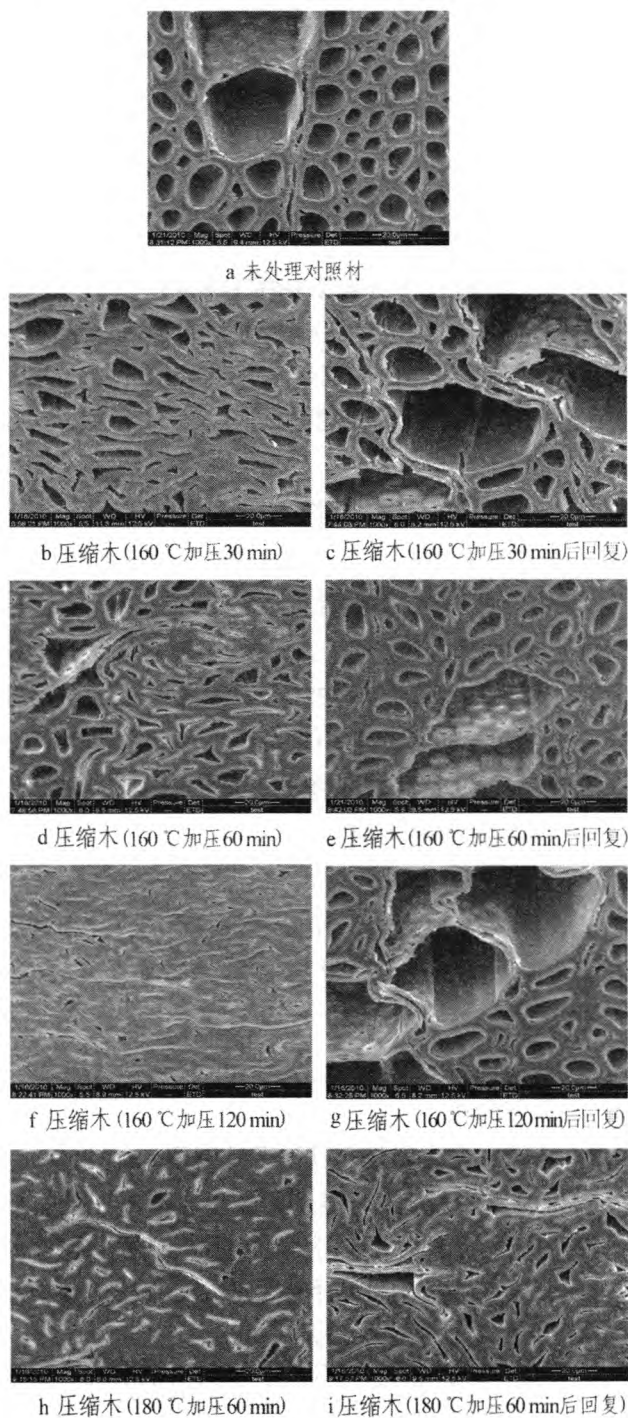


图2 青杨压缩木 SEM 图

Fig. 2 SEM graphs of compressed samples under different compression temperatures and times

压缩前径向呈直线排列的复生管孔,压缩后其排列发生了一定角度的倾斜,且热压温度越高、保压时间越长,倾斜角度越大,径向尺寸越小。当热压温度为 160 °C、保压时间为 120 min 时,回复后压缩木的管孔相互嵌入,径向尺寸减小(图 2g)。

• 16 •

图 2h 中导管、木纤维、薄壁组织等细胞腔基本完全闭合,说明木材得到了最大程度的压缩。由于木材组分的流动,部分细胞壁的轮廓已经无法观察到。与前期的研究结果^[8]:甘油预处理 180 °C 时,木材的组分发生流动并剧烈分解,分子链被切断,分子之间又形成了大量新的交联结合的结果相一致。经过冷、热水处理后(图 2i),导管细胞腔也仅产生了微小的回复,说明此时木材的压缩变形已得到完全固定。

2.2 压缩木的性能

2.2.1 压缩木的变形回复率

前期研究发现^[5]:在相同的热压温度和保压时间条件下,甘油预处理压缩木的变形回复率,明显低于未经甘油预处理的压缩木。在本试验不同热压温度及保压时间条件下,甘油预处理压缩木的变形回复率如图 3 所示。

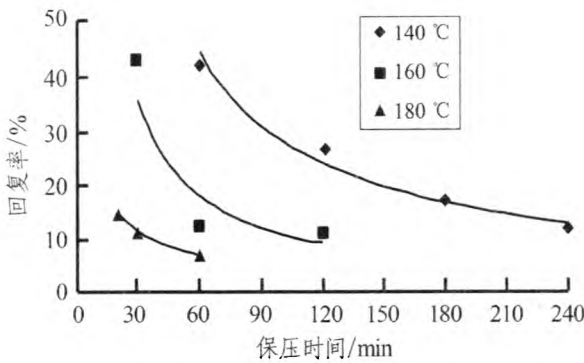


图3 不同保压时间及热压温度制备压缩木的回复率

Fig. 3 Recovery ratio of compressed samples under different compression times and temperatures

图 3 显示,当热压温度一定时,压缩木的变形回复率随保压时间的延长而降低;当保压时间一定时,压缩木的变形回复率随热压温度的升高而降低。

热压温度分别为 140、160 及 180 °C,对应的保压时间分别为 240、60 及 30 min 时,压缩木的变形回复率均降至 10% 左右,说明变形固定效果较好。

2.2.2 压缩木的表面硬度

前期研究发现^[5]:压缩木的表面硬度明显高于未压缩的木材;热压温度为 160 °C、保压时间为 10~60 min 时,甘油预处理压缩木的表面硬度明显高于未经甘油预处理的压缩木。本试验中不同热压温度及保压时间处理后的压缩木,其表面硬度测试结果如图 4 所示。

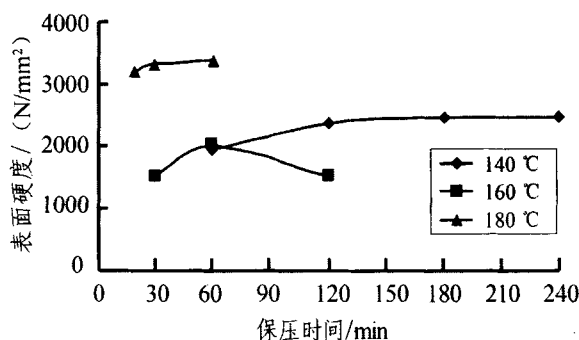


图4 不同保压时间及热压温度制备压缩木的表面硬度

Fig. 4 Surface hardness of compressed samples under different compression times and temperatures

热压温度一定时,压缩木的表面硬度随保压时间的延长呈先升后降的趋势,说明适当延长保压时间,可以提高压缩木的表面硬度,但保压时间过长,木材的主要成分发生剧烈降解^[9],从而影响其表面硬度。

压缩木表面硬度提高的原因:1) 木材是多孔性材料,压缩后木材的细胞腔被压密,孔隙度降低,密度提高;2) 木材是黏弹性材料,在高温的作用下,木材的基质(matrix)发生流动,在压力作用下,木材的非结晶区重新排列,从而使其表面硬度提高。

在热压温度为140 °C的条件下制得的压缩木,其表面硬度高于热压温度为160 °C时的压缩木,原因是热压温度相对较低时,木材未发生剧烈的热解,其表面硬度随孔隙度的降低和密度的增加而提高。

当热压温度升高至160 °C时,木材基质(matrix)的流动及非结晶区的重新排列加剧,同时,木材的主要成分也发生了一定程度的热解,且保压时间越长,木材的热解越剧烈,从而其表面硬度降低^[10]。但是,140 °C压缩木需要的保压时间较长,并且压缩后的变形固定效果较差。

热压温度为180 °C时,甘油预处理压缩木的密度明显提高,孔隙度明显降低。这是因为木质素发生流动,非结晶区发生重新排列^[5],使表面硬度提高;另外,保压时间较短,木材的热解程度较低,由木材成分热解引起的表面硬度降低的影响较小^[10-11]。因此,热压温度为180 °C时压缩木的表面硬度较高。

综合考虑压缩木的性能及热压工艺的可行性,可确定50%甘油水溶液预处理木材的适宜压缩工艺参数为:热压温度180 °C、保压时间30 min;或热压温度160 °C、保压时间60 min。

3 结论

1) 在本试验范围内,随着热压温度的升高和保压时间的延长,甘油预处理压缩木的变形回复率降低,表面硬度提高;但当保压时间过长时,压缩木的表面硬度反而降低。

2) 采用50%甘油水溶液预处理木材,可以有效地固定木材的压缩变形,其优化工艺为:热压温度180 °C、保压时间30 min;或热压温度160 °C、保压时间60 min。

3) 甘油预处理压缩木的耐腐蚀性及材色变化等特性,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Higashihara T, Morooka T, Norimoto M. Permanent fixation of transversely compressed wood by heating and its mechanism[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2001, 47(3): 205-211.
- [2] Fukuta S, Takasu Y, Sasaki Y, et al. Compressive deformation process of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) [J]. Wood and Fiber Science, 2007, 39(4): 548-555.
- [3] Inoue M, Sekino N, Morooka T et al. Fixation of compressive deformation in wood by pre-steaming[J]. Journal of Tropical Forest Science, 2008, 20(4): 273-281.
- [4] Inoue M, Minato K, Norimoto M. Permanent fixation of compressive deformation of wood by crosslinking[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1994, 40(9): 931-936.
- [5] Yan Li, Jinzhen Cao, Xiaojuan Jin. Deformation fixation, mechanical properties and chemical analysis of compressed *Populus cathayana* wood pretreated by glycerin[J]. Forestry Studies in China, 2010, 12(4): 213-217.
- [6] Iida I, Norimoto M, Imamura Y. Hygrothermal recovery of compression set[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1984, 30(5): 354-358.
- [7] Higashihara T, Inoue M, Morooka T et al. Stress relaxation of glycerin-saturated wood[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2001, 47(5): 447-451.
- [8] Li Yan, Jinzhen Cao, Wei Gao, et al. Interaction between glycerin and wood at various temperatures from stress relaxation approach [J]. Wood Science and Technology, 2011, 45(3): 215-222.
- [9] Korkut S, Hiziroglu S. Effect of heat treatment on mechanical properties of hazelnut wood (*Corylus colurna* L.) [J]. Materials and Design, 2009, 30(5): 1853-1858.
- [10] Dae-Yong Kim, Yoshiharu Nishiyama, Masahisa Wada, et al. Thermal decomposition of cellulose crystallites in wood[J]. Holzforschung, 2005, 55(5): 521-524.
- [11] Rabbani M T R, Hirai N, Sobue N. Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions[J]. Journal of Wood Science, 2000, 46(6): 431-436.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)