

研究与开发

单板辊压同步浸注液体技术的研究

吴玉章¹, 吕建雄¹, 李 坚²

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 将杨木单板置于液体介质中同步进行辊压与浸注, 探讨影响液体浸注量的工艺因素。结果表明: 该方法可用于气干单板与饱水单板的有效浸注。随单板压缩率增大、浸渍时间延长, 浸注量提高; 可根据单板压缩率控制浸注量, 气干单板及饱水单板适宜的压缩率分别为 30%~60%、>50%, 浸渍 1~4 min, 辊压循环 3~5 次; 辊压线速度较低时有利于液体的有效浸注, 但需兼顾生产效率。

关键词: 单板; 液体浸注; 辊压; 压缩处理

中图分类号: S781.7; S792.11 文献标识码: A 文献编号: 1001-8654(2015)04-0005-04

Liquid Impregnation of Veneer Using a Roller-Press

WU Yu-zhang¹, LV Jian-xiong¹, LI Jian²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: Phenol-formaldehyde resin (PF) solutions were prepared to impregnate poplar veneers (air-dry and water-saturated) using a roller-press. Effects of technological parameters on veneer weight percent gain (WPG) were investigated. The results showed that using a roller-press was an effective method to impregnate liquid PF resins into both air-dry and water-saturated poplar veneers. WPG in both air-dry and water-saturated poplar veneers increased with higher roller press compression ratio and longer soaking time. More roller pressing cycles could help improve WPG of the poplar veneers, but might result in damage to the poplar veneers if more than 5 cycles were used. The WPG of the poplar veneers was affected by linear velocity of the rollers and the WPG was lower with higher roller speed.

Key words: veneer; liquid impregnation; roller-press; compression

采用压缩法提高难渗透木材浸注性, 其原理是通过压缩, 破坏木材细胞壁上的闭塞纹孔, 并借助水的润湿作用, 在木材变形回复时产生真空吸引力, 达到

浸注液体的目的^[1-4]。以往压缩浸注处理分两步实施: 先将木材压缩使其产生一定变形, 然后将压缩变形的木材浸入液体中, 工序复杂。

为了充分利用压缩变形木材在水润湿作用下, 瞬间反弹而产生的真空吸引力作用, 现已开发出将上述步骤合二为一的辊压同步浸注液体技术, 即将木材浸泡在液体介质中进行压缩处理, 变形回复时即刻吸收液体达到浸注目的, 对单板或锯切薄板可免去真空加压的工序^[5-8]。

收稿日期: 2014-10-09; 修改日期: 2015-06-09

基金项目: 林业公益性行业科研专项“木材低碳高效干燥与功能性改良关键技术研究”(201304502); 江苏省科技富民强县项目“杨木实木、单板的强化与尺寸稳定化处理技术与示范”(BN2014-071)。

作者简介: 吴玉章(1966—), 男, 中国林科院木材工业研究所研究员。

目前国内关于木材辊压同步浸注液体的报道较少。笔者在前期试验中对杨木锯切薄板进行了辊压预处理,发现辊压预处理不仅能够提高树脂的浸注性,而且可以改善树脂在木材内分布的均匀性^[9]。在此基础上,又进行了杨木旋切单板同步辊压与浸注低分子量酚醛树脂溶液的研究,探讨影响树脂浸注量的因素,以期为单板辊压同步浸注方法的工业化应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1) 杨木单板,幅面尺寸 2 600×1 300 mm,厚度 3 mm。先经过自然干燥,再经热压展平处理,含水率 10%~15%。

2) 浸渍用低分子量酚醛树脂,自制,黏度 26 mPa·s(25℃),pH 值 9.0,固体含量 45%。稀释成质量分数为 10%的水溶液备用。

1.2 单板辊压浸注装置

单板辊压浸注装置,自制,利用木材塑性变形在水中可以完全回复的特性而开发。工作面宽度分为 200 mm 和 1 300 mm 两种,其工作流程如图 1 所示:通过上下辊的挤压作用,赋予木材瞬间压缩变形,利用变形瞬间回弹产生的瞬时真空效应,促进液体渗透。对于干状木材,施加的力超过木材本身的屈服极限时,产生的塑性变形将无法完全回复,但在水和热的作用下可以完全回复^[10-11]。

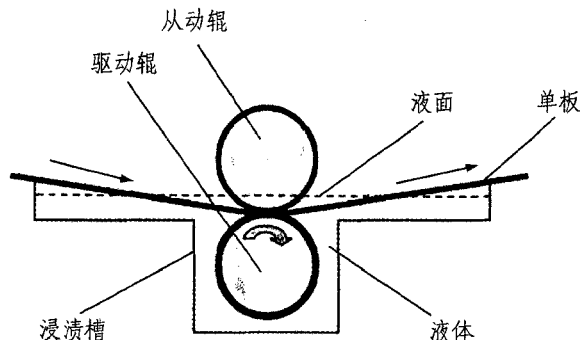


图1 辊压浸注装置工作流程

Fig. 1 Roller press working diagram

1.3 单板连续辊压浸注工艺

利用工作面宽度 200 mm 的辊压浸注装置,对幅面为 1 000×100 mm(长×宽)的杨木单板进行处理。

1.3.1 浸注装置辊压线速度

以水为介质,设定了五种辊压线速度:0.03、0.07、0.10、0.13、0.17 m/s,单板压缩率 50%。

1.3.2 树脂浸注工艺参数

以低分子量 PF 树脂水溶液为介质,探讨单板含水率、压缩率、常压浸渍时间以及辊压循环次数等 4 个变量,对树脂浸注量的影响。

各变量的水平选择:

1) 含水率 选取气干单板和含水率 100% 以上的饱水单板(真空处理 0.5 h、常压浸泡 24 h 得到)。选择饱水单板的目的在于,模拟实际生产中单板干燥前的含水率状态,探索辊压浸注处理高含水率单板的可行性。

2) 压缩率 设置 4 种理论压缩率:20%、30%、50%、70%。由于设备误差,实测单板的压缩率分别为:17%、33%、50%、67%。

3) 常压浸渍时间 指单板通过压辊后在液体中保持浸泡状态的时间。如果压缩变形单板在运动过程中浮出液外,则无法保证充分的吸收时间和足够浸注量。因此,需将压缩变形单板在液体中保持浸泡状态一定时间,促进液体在单板内进一步扩散。本研究设置 0、1、2、4、10、30、60 min 等 7 个水平,均为辊压一次。

4) 辊压循环次数 即试样在上下辊间经过的次数。设置 1、3、5、8 次等 4 个水平。

另取相同规格单板,在低分子酚醛树脂溶液中常压浸泡 6 h,进行对照试验。

1.4 性能评价

以单板的增重率 (Weight Percent Gain, WPG) 为液体浸注量的评价指标。计算公式如下:

$$WPG_d = (W_a - W_b) / W_b \times 100\%$$

$$WPG_w = (W_a - W_{Rb}) / W_{Rb} \times 100\%$$

式中:WPG_d (WPG_w)—气干单板 (饱水单板) 浸注量,%;W_a—浸注树脂后单板质量,g;W_b—浸注前单板质量,g;W_{Rb}—饱水单板在空气介质中,即无树脂液状态下辊压后的质量,g。

对于饱水单板,先在空气介质中进行辊压处理,得到辊压后的质量(W_{Rb});然后在树脂溶液中再辊压浸注,得到浸注树脂后的质量(W_a)。

每种条件的试样数量为 10,结果取平均值。

2 结果与讨论

2.1 浸注装置辊压线速度

固定单板压缩率为 50%，在不同辊压线速度时，杨木单板增重率的测定结果见图 2。

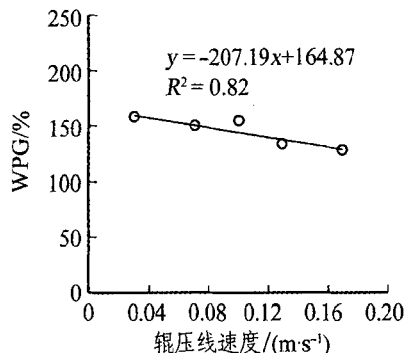


图 2 辊压线速度对杨木单板增重率的影响

Fig. 2 Effects of roller linear velocity on weight percent gain (WPG) of poplar veneers

由图 2 结果可知，在相同压缩率条件下，随着辊压线速度的提高，单板中水的浸注量略呈下降趋势。这是由于随着辊压线速度提高，单板在水中的移动速度加快，水在木材内的有效扩散时间相应缩短，造成木材中的水分来不及有效扩散；另外，由于速度快，压辊施加于木材上的作用时间缩短，木材变形更趋向弹性变形，塑性变形量减少，木材变形的回弹速度加快，导致液体依靠负压扩散的效果亦不理想。

但是，辊压线速度降低，虽然液体浸注量会增加，生产效率降低。因此，需兼顾生产效率确定适宜的辊压线速度。

2.2 辊压浸注工艺参数

2.2.1 单板含水率和压缩率

图 3a 为气干单板在不同压缩率下 WPG 的结果，图 3b 显示饱水单板在不同状态时的 WPG 测试结果，其中：

辊压前的 WPG，即单板由气干状态达到饱水状态后的质量变化；辊压后的 WPG，即单板在空气介质中经辊压处理（水分被挤出）后，相对于原气干单板的质量变化；辊压浸注液体后的 WPG，即单板在液体介质中辊压浸注（水分挤出与吸收同时发生）后，相对于原气干单板的质量变化。辊压后与辊压浸注液体后 WPG 的差值，即饱水单板的液体浸注量。

由图 3b 可知，对应压缩率由高到低，饱水单板的液体浸注量依次为 33%、61%、128% 和 179%。

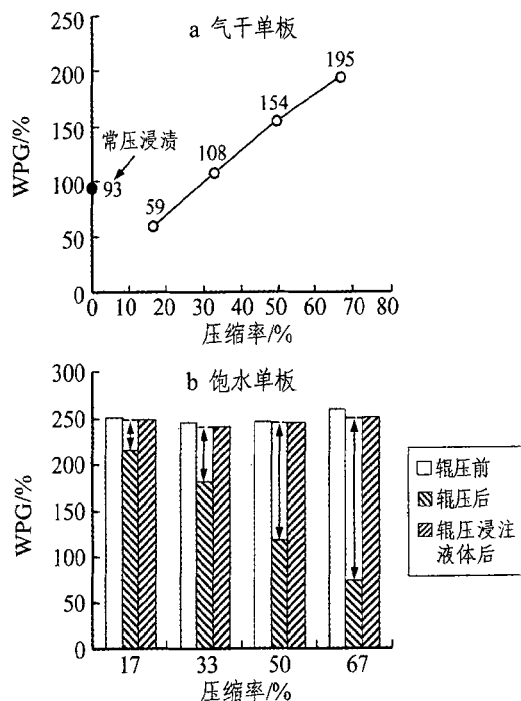


图 3 压缩率对杨木单板 WPG 的影响

Fig. 3 Effects of compression ratio on WPG of poplar veneers

图 3 结果表明，气干单板与饱水单板的 WPG，均随压缩率的提高而增加。已有研究证明，在一定变形速度下，沿日本柳杉木材径向施加作用力，不论气干材还是饱水材，当作用力迅速解除后，所产生的应变则自动回复而且几乎不保留残余应变^[10]。因此，木材压缩率越高，产生的变形越大，在回复过程产生的负压效果越好。相比常压浸渍或真空浸注工艺，辊压浸注更易于实现浸注量的控制，既可以通过选择压缩率控制浸注量，也可以根据浸注量选择压缩率。

由图 3 还可知，在相同压缩率下，气干单板的 WPG 高于饱水单板，特别是在低压压缩率下更明显。压缩率在 17% 和 33% 时，气干单板的 WPG 约是饱水单板的 1.8 倍；当压缩率提高到 50% 以上，气干单板的 WPG 仅是饱水单板的 1.0~1.2 倍。说明随着压缩率的提高，饱水单板与气干单板中树脂液浸注量的差距趋于减小。

通过调整辊压浸注工艺参数，可以实现湿单板的浸注处理，不仅解决了湿单板常压浸注效果不佳的难题，还可免去单板浸注处理前的干燥工序，减少能耗，缩短生产周期；同时，可降低单板运输、装卸过程中的破损率。

为了保证有效成分含量,根据 WPG 随着树脂水溶液浓度增加而提高的结论^[12],饱水单板宜采用高浓度溶液进行浸注处理。

2.2.2 常压浸渍时间

由图 4 结果可知,浸渍 1~10 min 以内,随着时间延长,单板 WPG 迅速增加;超过 10 min 后趋于稳定。特别在开始浸注的 1~4 min 内,单板 WPG 可提高 1.5 倍左右;而浸注时间由 4 min 延长到 10 min 时,WPG 仅提高 1.1 倍左右。

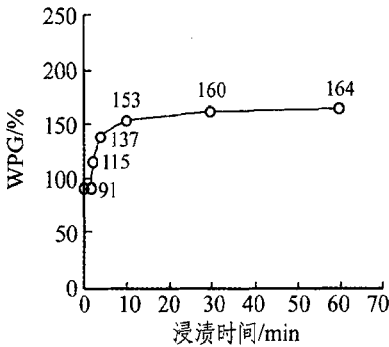


图 4 辊压浸渍时间对杨木 WPG 的影响
Fig. 4 Effects of soaking time on WPG of poplar veneers

2.2.3 辊压循环次数

由图 5 结果可知,随着辊压循环次数的增加,单板的 WPG 亦呈提高趋势。辊压 3 次对应的 WPG,比辊压 1 次提高近 80%;而循环 5 次后的 WPG,与 3 次循环相比,只有 14%左右的差异,说明再增加辊压循环次数,对提高 WPG 的作用减弱。当循环次数增加到 8 次,虽然单板的 WPG 可达到 146%,但破损程度加剧,出现横向纹理间解体的现象。

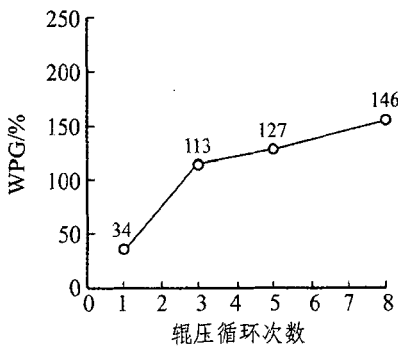


图 5 辊压循环次数对杨木单板 WPG 的影响
Fig. 5 Effects of roller press cycles on WPG of poplar veneers

循环次数与浸渍时间也有一定相关性,即增加循环次数可以缩短浸渍时间,反之成立。具体措施还需根据具体要求、环境条件等因素来确定。受制于设备条件,增加循环次数的方式更方便。考虑工作效率,在保证浸注量前提下,以 3~5 次为宜。

2.3 单板连续辊压浸注中试试验

利用工作面宽度 1 300 mm 的辊压浸注中试装置,取幅面 2 600 mm×1 300 mm 及 1 300 mm×840 mm 的气干单板各 100 张,辊压浸注 10%浓度低分子量 PF 水溶液。

辊压浸注工艺参数:线速度 0.1 m/s,压缩率 50%,循环 3 次,在树脂液中的保持 0.5~1 min。按此工艺条件,单板增重率(即树脂浸注量)的测定结果列于表 1。

表 1 单板连续辊压浸注中试试验结果
Tab. 1 Pilot-plant test results

单板幅面/ mm	WPG/%			
	平均值	最大值	最小值	标准偏差
2 600×1 300	114.2	131.6	96.1	9.5
1 300×840	120.8	180.0	80.0	22.8

表 1 结果表明,2 种规格的单板中,大幅面单板的浸注量略低于小幅面单板,产生误差的原因是单板幅面尺寸增大,进一步加大了材料的变异性。

3 结论

1) 在相同压缩率条件下,杨木单板 WPG 随着辊压线速度的提高而下降。为提高液体浸注量,辊压线速度以低速为宜,但需要兼顾生产效率。

2) 气干单板和饱水单板的 WPG,均随着压缩率提高而增加。在相同压缩率下,气干单板的 WPG 略高;但当压缩率高于 50%时,两种单板 WPG 差异减小。可通过选择压缩率实现浸注量控制,也可以根据浸注量确定压缩率。

3) 气干单板 WPG 增加主要集中在浸注初期的 1~4 min,以辊压循环 3~5 次的效果明显。增加循环次数,可缩短浸渍时间,但可能加剧单板破损。

4) 中试试验结果验证了单板辊压同步浸注液体技术的可行性。今后有待通过后续生产实践,进一步完善工艺,满足工业化生产的需求。

(下转第 13 页)

图6结果显示:

加热时间短于1.5 h的第1、2组试板,翘曲度变化较小;而持续加热20 h的第3组试板,出现明显翘曲。主要是因为地板结构不对称,加热层离面层较近,面层收缩明显大于底层所致。

试板宽度方向的翘曲比长度方向明显,尤其是顺纹方向组坯的A型试板,是由木材横纹干缩大于顺纹方向所致。

理论上,B3试板芯层木材纹理方向垂直于地板长度方向,试板整体尺寸稳定性应优于A3;而实测结果显示B3的翘曲度更大。说明在本试验条件下,组坯方式对试板的尺寸稳定性无明显影响,其原因有待进一步探究。

3 结论

1) 本试验制备的内置碳纤维电热线地热地板试样的导热效能,满足LY/T 1700-2007的要求,但最终温度有待提高。组坯方式对地板面层温度及尺寸稳定性均无明显影响,但对传热稳定性有一定影响;电压对地板导热效能无显著影响,但和地板最终温度呈正相关。

2) 后续研究中,有待通过调整结构、增加平衡层、表面干燥或炭化,以及在地板表面增加耐磨层等措施,提高地板尺寸稳定性;在实际生产中,可考虑采取间断供热、增加反射层等措施,以降低电压提高安全系数,节约能源。安装使用时,需对电路连接进行设计,以获得最优节能方案。

参考文献:

- [1] 李荣荣,曹平祥,王浩,等.小径级杉木六棱柱体的制材工艺[J].木材工业,2013,27(5):13-16.
- [2] 王浩,曹平祥,范庆平,等.小径级毛方材四边锯的三维实体设计与仿真分析[J].木材工业,2014,28(1):5-9.
- [3] 丁建文,郭晓磊,郝敬东,等.大断面六棱柱胶拼压机的设计[J].木材工业,2014,28(3):5-8.
- [4] 江涛.地采暖用竹木复合地板相关性能研究[D].北京:北京林业大学木材科学与技术,2009.
- [5] 万龙起,黄文学,张兴华,等.地热地板的基本技术性能[J].吉林林业科技,2006,35(3):41,44.
- [6] 梁星宇,李刚,李晓平.地热采暖对地板性能的影响[J].林业科技开发,2006,20(6):31-34.
- [7] 曾珍,王维新.地热地板及其热学常识[J].中国人造板,2005(3):39-40,44.

(责任编辑 向琴)

(上接第8页)

参考文献:

- [1] Iida I, Imamura Y, Kashiwa N, et al. Liquid penetration of precompressed wood (Ⅱ). Effects of thickness and length of specimen on liquid uptake[J]. Wood Preservation, 1992, 18(1): 31-37.
- [2] Iida I, Ikeuchi A, Imamura Y. Liquid penetration of precompressed woods (Ⅲ). Effects of moisture contents of specimens and ambient temperatures while compression on liquid uptakes of softwoods and hardwoods[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1995, 41(9): 811-819.
- [3] Iida I, Mori S, Nakamura Y, et al. Liquid penetration of precompressed wood (Ⅴ). Effects of cyclic loading, type of impregnated chemicals and annual ring angles on liquid uptakes of water or oily solvents[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1996, 42(6): 581-588.
- [4] 酒井温子. 利用压缩法对难渗透木材的液体浸注[J]. 木材工业(日文), 1994, 49(12): 604-609.
- [5] Adachi K, Inoue M, Knayama K, et al. Liquid impregnation of dry wood using a roller-pressing method I. Effect of transverse compressive deformation on liquid impregnation[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2003, 49(6): 416-422.

- [6] Adachi K, Inoue M, Kwai S. Liquid impregnation of green wood using a roller-pressing method[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2005, 51(3): 159-165.
- [7] 长谷良一, 儿玉顺一. 软质木材高效利用研究(第2报)基于辊压压缩方法的表层压密木材的制备[R]. 岐阜县生活技术研究所研究报告, 2006: 50-57.
- [8] 长谷良一, 儿玉顺一. 软质木材高效利用研究(第2报)基于辊压压缩方法的表层压密木材的应用[R]. 岐阜县生活技术研究所研究报告, 2007: 35-39.
- [9] 吴玉章, 黑须博司, 伊藤贵文. 辊压预处理改善树脂浸注均匀性的研究[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(1): 23-24.
- [10] Norimoto M. Large compressive deformation in wood [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1993, 39(8): 867-874.
- [11] Inoue M, Norimoto M. Permanent fixation of compressive deformation in wood by heat treatment[R]. Wood Research and Technical Notes, 1991: 31-40.
- [12] Inoue M, Norimoto M, Otsuka Y, et al. Surface compression of coniferous wood lumber Ⅱ. Permanent set of compression wood by low molecular weight phenolic resin and some physical properties of the products[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1991, 37(3): 227-233.

(责任编辑 向琴)