

研究与开发

人工林杉木压缩整形过程中的定形工艺

钱俊, 沈哲红, 金永明, 严建敏

(浙江林学院木材科学与技术学院, 浙江临安 311300)

摘要: 以蒸汽压力、时间及定形结束时蒸汽卸压速度为参数,对杉木压缩整形工艺的定形进行了试验。结果表明:1)整形过程中定形的蒸汽压力、定形时间对杉木定形后的体积压缩恢复率影响显著,而定形完成后的蒸汽卸压速度无显著影响;2)定形的蒸汽压力、定形时间的各个水平之间的定形效果差异极显著,理想的定形效果是在0.8 MPa的饱和蒸汽压下持续40 min。

关键词: 人工林杉木;压缩整形;定形;蒸汽压力;定形时间

中图分类号:TS61,TP391.72 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2005)04-0025-03

Compression Forming Technology for Plantation Grown Chinese Fir

QIAN Jun, SHEN Zhe-hong, JIN Yong-ming, YAN Jian-min

(Wood Science and Technology Group of Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: An orthogonal experiment was conducted to determine a desirable forming technology for plantation grown Chinese Fir. The factors investigated included form-fixing vapour pressure, form-fixing time and unloading speed. Results showed: 1) forming-fixing vapour pressure and time had strong effects on volume-recovering rate, while vapour unloading speed had little effect; 2) The optimum parameters were under saturate vapour pressure of 0.8 MPa and 175 °C for duration of 40 min.

Key words: plantation grown Chinese Fir; compression; forming; vapour pressure; fixing time

为提高人工林木材的物理力学性能,扩展其使用范围,用物理的方法改善低质木材的物理力学性能受到广泛重视^[1-2]。通过压缩整形,以提高其物理力学性能和规整形状的加工方法一直是各国学者研究的新领域^[3-5]。压缩整形过程中的形状固定是木材整形研究的核心难点。主要原因:①压缩整形木材内应力的释放导致变形;②压缩整形木材内部的分子联接结构不稳定,在吸湿、受力、温度变化等情况下,分子联接发生变化而导致变形。因此,一般采用木材密封处理、化学处理、热处理或水蒸气处理的方法^[1-12],以消除压缩整形木材内部的应力,形成稳定的分子联接结构。由于整形后木材存放、定位等工序多,处理时间长,因而生产效率低,占地面积大。笔者以人工林杉木为试材,试图在加热整形过程中,利用对木材加热加压时产生的热量,以固定整形木材的形态,探求定

形的效果与效率。以减少处理时间与辅助装置,为整形木材的工业化利用提供技术数据。

1 试验材料与设备

1.1 材料

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)取自浙江省临安市板桥林场,径级为50~70 mm,平均含水率50%左右,平均气干密度367 kg/m³,材质均匀。

1.2 设备

万用电热器;特制压力容器;DK600型干燥机;FA-2000型电子秤;QD-100型试验压机;恒温电浴锅;自制螺栓式侧向加压与密封装置等。

2 试验方法

2.1 试验设计

在杉木压缩整形试验的保温保压过程中,利用杉木在热压机整形时产生的自由水及定形干燥产生的

收稿日期:2004-12-31;修改稿:2005-03-03

作者简介:钱俊(1963—),男,浙江林学院木材科学与技术学院副教授。

蒸汽压力与温度对杉木进行定形处理。设蒸汽压力 0.8、0.6、0.4 MPa;定形时间 20、30、40 min;结束定形时,蒸汽卸压速度 10、20、30 Pa/s,进行正交试验,重复 2 次;对定形后的杉木材进行体积压缩恢复率的测试与分析,分析各参数对定形结果的影响。

2.2 试验方法

将杉木除去树皮,自然干燥至含水率 50%左右,截成长度为 200 mm 的木段,放入特制的压力容器内蒸煮(0.23 MPa,125 ℃)100 min,使木材含水率达到 105%~130%,取出木段后快速置于已加热至设计温度的试验压机上,按整形设计要求以 10 mm/min 匀速加压,至厚度为 35 mm 的板材,再侧向以 10 mm/min 匀速加压,至体积压缩率为 60%^[13]。为控制杉木段压缩整形后的密度,需进行蒸汽处理。在试验压机的压板间,设置侧向加压定位装置,并在上下加放高温密封装置(自制的方形耐温密封圈;压力 0.8 MPa 以上时采用铝条),并测量与控制定形过程中的蒸汽压力与温度,以及控制排气压力的下降量(见图 1)。

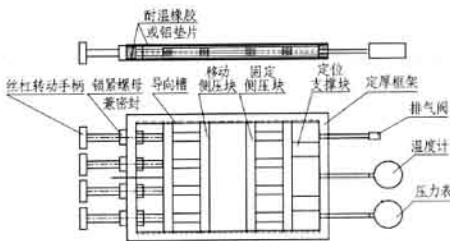


图 1 侧向加压与密封装置
Fig. 1 Horizontal pressing and sealing equipments

整形结束时,由于热压机上下压板压紧密封圈,使木段处于一个密闭空间里,从木段中流出的自由水在热压板加热作用下产生饱和蒸汽。通过该高温蒸汽对压缩整形的杉木进行定形处理。具体步骤是:

- 1)按定形蒸汽压力 0.4 MPa、定形时间 20 min,进行定形处理;定形结束时,停止对热压板供热,缓慢旋松排气阀,以 10 Pa/s 的速度卸压,同时接通压板中冷却水循环系统,热压板降温至 90 ℃下取出试件,存放 24 h 以上。
- 2)按正交试验表进行其他参数与水平的重复试验。
- 3)将全部整形后的试件干燥至含水率为 15%,再自然陈放 48 h 后,放入 20 ℃的水中 7 d,进行压缩恢复率测试。体积压缩恢复率:

$$L=(V_r-V_c)/(V_0-V_c)\times 100\%$$

式中: V_0 —压缩试件压缩前的体积尺寸,mm; V_c —压

缩试件压缩后的体积尺寸,mm; V_r —压缩试件恢复变形后的体积尺寸,mm。

3 结果与讨论

3.1 测试结果

在各参数下的 3 种水平处理后,对杉木定形后的体积压缩变形恢复率(L)进行测试,结果见表 1。

表 1 不同蒸汽压力、时间、卸压速度条件下杉木的体积恢复率
Tab. 1 Volume recovering rates under different vapour pressure, time and unloading speed

序号	蒸汽压力/MPa 或温度/℃	定形时 间/min	卸压速度/ (Pa·s ⁻¹)	体积压缩恢复率/%		
				第 1 次	第 2 次	第 3 次
1	0.8(175)	40	30	4.8	5.4	4.7
2	0.8(175)	30	20	11.2	13.9	11.5
3	0.8(175)	20	10	17.7	16.2	19.8
4	0.6(160)	40	20	18.6	17.4	17.1
5	0.6(160)	30	10	29.2	27.8	26.3
6	0.6(160)	20	30	37.3	31.1	34.6
7	0.4(145)	40	10	45.0	40.2	48.5
8	0.4(145)	30	30	47.0	54.4	52.8
9	0.4(145)	20	20	62.3	64.9	60.6

注:定形时间从体积压缩率达到 60% 开始计时,到卸压时为止;下同。

3.2 结果分析

3.1.1 方差分析 以体积压缩恢复率的平均值为结果,对上述正交试验进行方差分析,分析结果见表 2。

由表 2 可见,定形时的蒸汽压力和定形时间对定形后杉木体积恢复率显著影响,而蒸汽卸压速度对杉木体积恢复率的影响不显著。

3.1.2 极差分析 为了进一步分析定形温度、定形时间与蒸汽卸压速度各水平之间的差异,以体积的压缩恢复率的平均值为结果,对上述正交试验结果进行极差分析,分析结果见表 3。

表 2 定形试验结果的方差分析
Tab. 2 Variance analysis of results

方差来源	平方和 S_j	自由度 f_j	均方 S_j/f_j	F 值 (均方/误差均方)	临界值 $F(a=0.05)$	显著性
蒸汽压力	2606.642	2	1303.321	221.6113735	6.9	显著
定形时间	376.0689	2	188.0344	31.97260533	6.9	显著
卸压速度	0.915556	2	0.457778	0.077838655	6.9	不显著
误差	11.76222	2	5.881111			

从表 3 可见,蒸汽压力对杉木压缩恢复率影响最大,定形时间的影响次之,而卸压速度影响最小。

为研究蒸汽压力和定形时间各水平对杉木压缩恢复率的影响程度,即各水平作用效果的差别问题,以更好地确定定形参数。将表 1 中的显著性因素及结果进行 LSD 法多重比较,结果见表 4 与表 5 (下叁角为均值差,上叁角为显著水平)。

表 3 定形试验结果的极差分析
Tab. 3 Range analysis of results

参数	水平	均值	极差
蒸汽压力/MPa (定形温度/℃)	0.8(175)	11.70	41.17
	0.6(160)	26.60	
	0.4(145)	52.87	
定形时间/min	40	22.43	15.84
	30	30.47	
	20	30.23	
	10	30.10	
卸压速度/(Pa·s ⁻¹)	20	30.83	1.80
	30	31.90	

表 4 蒸汽压力各处理间多重比较
Tab. 4 Level comparison of vapour pressure

水平/℃	均值	3	2	1
0.8	52.86666		0.0001	0.0001
0.6	26.60000	26.2667		0.0002
0.4	11.68889	41.1778	14.9111	

表 5 定形时间各水平间多重比较
Tab. 5 Level comparison of fixing time

水平/min	均值	3	2	1
20	38.28889	0.0001	0.0001	
30	30.45556	7.8333		0.0001
40	22.41111	15.8778	8.0444	

从表 4、表 5 中可见,各个水平之间都有极显著性影响(显著水平远小于 0.01);从杉木整形后压缩恢复率分析,在本试验条件下,定形蒸汽压力 0.8 MPa、定形时间 40 min 的处理结果最为理想。

综上所述,对木材进行压缩,木材内部会相应地产生应力或变形恢复能,当外力撤消后,应力或储存在木材内的变形恢复能使木材产生恢复原状的运动。本方法是采用高含水率的木材经热压板加压、加热后形成的高温饱和蒸汽来消耗压缩变形后木材内部的变形恢复能。由试验结果和理论分析可知,随着压缩整形温度的提高,压缩变形应力有所减少;杉木木素的相对含量较高,木素软化冷却后形成一定的内聚力^[7],也使其压缩变形恢复率降低。本试验是在整形后直接进入定形过程,并在定形过程中保持较高的湿度,使木材内的压缩应力减弱较快且稳定。

含水率和加热温度是木材定形时的增塑剂,木材的可塑性随着温度的上升而提高,而木材细胞壁中一定量水分,可以减少木材在压缩变形过程中的内摩擦系数^[6]。因此,在湿热状态下的木材的可塑性增加,经过冷却和干燥,木材才能呈现新的固定形状。从微观上来考虑,木材经过高温水蒸气处理,木素和半纤维素发生软化和降解,在外因的作用下,使得微纤丝之间的定向性能得到改善^[6],结晶度有所提高,

从而提高了整形木的尺寸稳定性。定形后卸压速度对压缩整形的杉木恢复率没有显著影响,对定形木材内部结合力不产生破坏作用。

4 结论

1)杉木压缩整形后定形蒸汽压力(温度)、定形时间(不含整形与卸压时间)对杉木定形后的体积压缩恢复率有显著的影响;而完成定形后的蒸汽卸压速度在本试验中无显著影响。

2)定形效果最理想的是在 0.8 MPa 饱和蒸汽压力下持续 40 min。

3)在杉木整形过程中,从高含水率的木材中经热压板加压、加热后产生的蒸汽完成整形后木材定形的方法是可行的。

参考文献:

[1] 李坚. 木材保护学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社,1999.

[2] 吴玉章,吴书泓,叶克林. 中国木材功能性改良技术发展方向[J]. 木材工业,2000,14(3):16-18.

[3] 孙丽萍,崔永志,刘一星. 木材横纹压缩过程中径向、弦向加载差异性分析[J]. 林业科技,1997(3):38-41.

[4] 刘君良,刘一星. 杨木、柳杉表面压密材的研究[J]. 吉林林学院学报,1998,14(2):21-24.

[5] 刘君良,刘一星. 永久固定木材横纹压缩大变形的研究[J]. 吉林林学院学报,1999,15(2):71-74.

[6] 赵钟声,刘一星,孟令联. 高温高压水蒸气处理制造压缩木、人造板材的研究[J]. 林业机械与木工设备,2001,29(11):16-17.

[7] 赵钟声,刘一星,井上雅文,等. 水蒸气处理对五树种压缩变形恢复率力学性能影响的研究[J]. 林业机械与木工设备,2003,31(5):23-27.

[8] 刘一星,李坚,刘君良,等. 水蒸气处理法制作压缩整形木的研究(I)一构造变化和尺寸稳定性[J]. 东北林业大学学报,2000,28(4):9-12.

[9] 刘一星,刘君良,李坚,等. 水蒸气处理法制作压缩整形木的研究(II)一物理力学特性和工艺性[J]. 东北林业大学学报,2000,28(4):13-15.

[10] 则元京. 木材的热和水蒸气处理[J]. 木材工业(日本),1994,49(12):588-592.

[11] Liu Yixing, Norimoto Misato, Morooka Toshiro. The Large Compressive Deformation of Wood in the Transverse Direction (I): Relationships between Stress-strain Diagrams and Specific[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1993, 19(10): 1140-1145.

[12] Liu Yixing, Norimoto Misato, Morooka Toshiro. The Large Compressive Deformation of Wood in the Transverse Direction (II): Stress-strain Diagram with Increasing Loading Cycles[J]. Wood Research and Technical Notes, 1995(31): 44-55.

[13] 钱俊,金永明,沈哲红,等. 速生杉木整形工艺研究[J]. 浙江林学院学报,2002,19(1):11-14.

(责任编辑 鲍加芬)