

文章编号: 1000-5692(2002)01-0009-03

速生杉木整形工艺研究

钱俊, 俞友明, 金永明, 楼永生

(浙江林学院 林产工业系, 浙江 临安 311300)

摘要: 在实验压机上加装自行设计制造的木材侧向压缩成型设备进行了小径速生杉木材的直接整形试验。对整形后杉木材进行了静曲强度和弹性模量等测试分析, 得出一种较理想的整形工艺: 整形温度为 160 °C, 整形速度为 10 mm·min⁻¹, 体积压缩率为 60%。表 3 参 5

关键词: 速生杉木材; 软化; 整形; 静曲强度; 弹性模量

中图分类号: S781.7 **文献标识码:** A

速生杉木 *Cunninghamia lanceolata* 材密度小, 材质软, 力学强度差^[1], 使用范围受到很大限制, 传统的木材加工和利用的方法已经不能适应其特点。对小径速生杉木进行直接整形, 改善其力学性能, 可以扩大其使用范围, 提高利用率。木材的整形技术是应用木材可塑性原理, 加热处理木材使之塑化后, 经过压缩整形处理, 使木材从原木状态直接加工成方形木材^[2]。由于人们对环境保护的重视, 非化学处理方法倍受人们的关注^[3,4]。本研究旨在通过对小径杉木(直径 50~70 mm)的整形试验及整形后的力学性能测试, 探索较理想的整形工艺。

1 试验材料和设备

1.1 试验材料

1.1.1 速生杉木 径级为 50~70 mm, 长度 500 mm, 取自浙江省临安市板桥林场。

1.1.2 软化介质 水蒸气。

1.2 试验仪器设备

万用电热器, 高压锅, 游标卡尺, QD 型试验压机, NW-4 型万能力学试验机, 自制螺栓式加压装置等。

2 试验方法设计

2.1 预试验

以整形温度、压缩率、整形速度和卸压温度为因素, 各取若干水平进行重复试验, 得出以下结论: ①整形温度小于 130 °C 时, 杉木整形很困难, 反弹率 > 36%。②整形温度在 140~160 °C, 得到的整形杉木最终含水率在 10%~15% 时, 卸压温度应小于 70 °C。最终含水率小于 8% 时, 卸压温度小于 100 °C 即可。③整形温度高于 160 °C, 整形杉木含水率为 8% 以下, 对卸压温度无要求。④木材经高温蒸气软化后, 整形速度可以大大提高, 允许超过 20 mm·min⁻¹, 整形效率有较大提高。

收稿日期: 2001-07-03; 修回日期: 2001-11-19

基金项目: 浙江省教育厅资助项目(20000596)

作者简介: 钱俊(1963-), 男, 浙江嘉兴人, 副教授, 从事木材加工技术研究。

2.2 试验设计

在预试验和前人试验^[5]的基础上选取热压压力为 5~7 MPa, 对整形温度、整形速度和压缩率等 3 个因素, 分别取 3 个水平进行实验(表 1)。试验按正交表 $L_9(3^4)$ 进行, 同一号试验重复 3 次, 试验方案见表 2。同时, 对气干素材(含水率为 8.5%)按照 GB/T17656-1999 进行了弹性模量和静曲强度的测试, 以资比照。

2.3 试验

试验采用以下工艺流程: 试材采集→锯截→杉木去皮→软化→装料→加温加压→保温保压→降温卸压→出料→陈放。

将取自浙江省临安市板桥林场的杉木(直径为 50~70 mm)除去树皮, 自然干燥至含水率 50%左右。按试件长度锯截后用高压蒸汽蒸煮(0.23 MPa, 125℃) 100 min, 取出木段置于 QD 型试验压机上, 匀速加压(5~7 MPa)至预定的压缩率, 然后冷却, 卸压, 陈放 72 h。为控制杉木段整形压缩后的密度, 在试验压机的压板间设置有自行设计的侧向加压装置。

3 试验结果与分析

3.1 试验结果

对 9 组试验的 27 个试件参照 GB/T17656-1999 分别进行弹性模量、静曲强度和含水率测试, 其结果见表 2。每一因素及其水平下指标平均极值与各因素极差, 列于表 3。素材测试结果: 静曲强度为 51.7 MPa, 弹性模量为 7 860.0 MPa。

3.2 试验分析

3.2.1 静曲强度 方差分析的结果表明, 各因素静曲强度的 F 值均大于 $F_{\alpha=0.05}$, 说明整形温度、整形速度和压缩率对整形杉

木的静曲强度都有显著影响。由表 3 可以看出, 整形速度对整形后杉木的静曲强度影响最大, 其次是压缩率, 整形温度影响相对较小。从各因素水平的平均极值(表 3)分析, 整形速度和整形温度的降低有利于静曲强度的提高; 压缩率在一定范围内增加, 静曲强度增加, 超过一定范围后静曲强度随压缩率的增加呈逐渐下降的趋势。整形材平均静曲强度为 89.0 MPa, 与素材相比提高 72%。

3.2.2 弹性模量 各因素弹性模量的 F 值均小于 $F_{\alpha=0.05}$, 说明整形温度、整形速度、压缩率对整形杉木的静曲强度都无显著影响。从表 3 弹性模量的极差值看出, 整形速度对整形后杉木的弹性模量影

表 1 试验因素与水平

Table 1 Experimental factors and levels

水平	整形温度/℃	整形速度/(mm·min ⁻¹)	体积压缩率/%
1	175	10	55
2	160	15	60
3	145	20	65

表 2 试验方案和试验结果

Table 2 Experimental plan and experimental result

试验序号	整形温度/℃	整形速度/(mm·min ⁻¹)	体积压缩率/%	静曲强度/MPa	弹性模量/MPa	最终含水率/%
1	175	10	55	83.6	9 020	6.3
2	175	15	60	81.8	9 710	6.4
3	175	20	65	74.7	10 360	6.2
4	160	10	60	105.7	11 010	7.5
5	160	15	65	94.1	7 390	7.5
6	160	20	55	79.9	6 160	7.8
7	145	10	65	102.2	10 140	14.2
8	145	15	55	84.7	7 590	8.7
9	145	20	60	94.5	7 570	12.4

表 3 试验指标

Table 3 Experimental indexes

因素水平	各水平下指标平均极值			各因素极差		
	静曲强度/MPa	弹性模量/MPa	最终含水率/%	静曲强度/MPa	弹性模量/MPa	最终含水率/%
整形温度	1	80.0	9 697	6.3		
	2	93.2	8 433	7.6	13.8	1 510
	3	93.8	8 187	11.8		5.5
整形速度	1	97.2	10 057	9.3		
	2	86.9	8 230	7.5	14.2	2 027
	3	83.0	8 030	8.8		1.8
体积压缩率	1	82.7	7 590	7.6		
	2	94.0	9 430	8.9	11.3	1 840
	3	90.3	9 297	9.3		1.7

响相对较大, 其次是压缩率, 整形温度对弹性模量的影响最小。整形材弹性模量为 8 772 MPa, 与素材相比提高 12%。

3.2.3 含水率 对表 2 中含水率值进行方差分析得到: 只有整形温度 F 值大于 $F_{\alpha=0.05}$, 其余因素的 F 值都小于 $F_{\alpha=0.05}$, 说明只有整形温度对整形材含水率有显著影响, 而整形速度和压缩率对整形材含水率无显著影响。由表 3 含水率的极差值分析也有同样的结论。因为整形温度升高, 木素和半纤维素的降解增加, 含水率也降低, 木材表面产生微炭化, 整形杉木变脆, 故静曲强度下降, 弹性模量上升; 整形速度过快, 应变不均匀, 其表面的实际应变超出允许应变值, 木素与纤维之间的结合不同程度地受到破坏, 导致木材微观裂缝, 故静曲强度和弹性模量均有所下降; 压缩率升高, 细胞与细胞之间压得更加密实, 单位体积内细胞壁数量增加, 在一定范围内 ($< 60\%$) 静曲强度和弹性模量均提高, 但超出一定范围后 ($> 60\%$), 应变超出了允许值, 使纤维之间产生裂纹。另外, 细胞壁或发生向内溃陷, 细胞腔不规则变小, 纹孔膜破裂, 或细胞壁破坏, 故静曲强度和弹性模量均呈下降趋势。

从以上分析可以得出较佳的整形工艺: ①整形温度从 145 $^{\circ}\text{C}$ 增加到 160 $^{\circ}\text{C}$ 过程中, 静曲强度略有下降, 含水率明显降低, 弹性模量呈上升趋势; 随着温度上升到 175 $^{\circ}\text{C}$, 含水率下降不大, 静曲强度明显降低, 弹性模量明显提高。整形木显著变脆, 建议整形温度选取 160 $^{\circ}\text{C}$ 。②整形速度从 10 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 增加到 15 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 时, 杉木整形效率有所提高, 但静曲强度、弹性模量和含水率明显下降; 当速度增加到 20 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 时, 静曲强度和弹性模量的下降速度渐趋平缓, 含水率则略有上升。因此热压整形速度应取 10 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 左右为好。压缩率从 55% 增加到 60% 时, 静曲强度、弹性模量和含水率均呈上升趋势; 当压缩率增加到 65% 时, 静曲强度和弹性模量都有下降趋势, 含水率较高。仅从试验结果来看, 压缩率应选择 60%。当因素水平满足上述最优工艺条件时, 得到的整形速生杉木, 其静曲强度、弹性模量和含水率均较为理想 (表 2)。速生杉木材经水蒸气蒸煮软化处理是可行的。

参考文献:

- [1] 杨云芳, 马灵飞, 俞友明, 等. 浙江速生杉木物理力学性质的研究[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(4): 371-377.
- [2] 李坚. 木材的软化与弯曲技术[J]. 北京木材工业, 1984, 14(2): 23-27.
- [3] 李坚, 刘一星, 刘君良. 加热、水蒸气处理对木材横纹压缩变形的固定作用[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(4): 4-8.
- [4] 刘一星, 李坚, 刘君良, 等. 水蒸气处理法制压缩整形木的研究(1)——构造变化和尺寸稳定性[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(4): 9-12.
- [5] 李文珠, 钱俊, 张文标. 速生杉木整形的初步研究[J]. 建筑人造板, 2000, (4): 25-27.

Wood shaping measures of fast-growing *Cunninghamia lanceolata*

QIAN Jun, YU You-ming, JIN Yong-ming, LOU Yong-sheng

(Department of Forest Product Industry, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Side compress-shaping equipment, which was self-designed and self-made, and press machine were used to study on shaping technology of small *Cunninghamia lanceolata* wood which on cutting. Compressed and shaped wood with rectangle section were made in the test. And by testing its bending strength, elastic modulus and dimensional stability, ideal shaping technology were chosen: shaping temperature was 160 $^{\circ}\text{C}$, rate of shaping was 10 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$, and compression ratio was 60%.

Key words: fast-growing *Cunninghamia lanceolata* wood; softening; shaping; MOR; MOE