

研究与开发

水热预处理对杨木压缩木 物理力学性能的影响

魏新莉, 向仕龙, 何华

(中南林学院, 湖南株洲 412006)

摘要: 采用水热处理对杨木进行压缩前预处理, 比较不同水热处理条件对试材压缩成型后主要物理力学性能的影响。研究结果表明: 在软化温度 130 ℃ 的条件下, 软化时间 60 min, 初含水率 15% 为本试验确定的优化工艺参数。

关键词: 杨木; 水热预处理; 压缩; 物理力学性能

中图分类号: S792.11, S781.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2004)03-0020-03

Effect of Hydrothermal Treatment on Physical and Mechanical Properties of Compressed Poplar Wood

WEI Xin-li, XIANG Shi-long, HE Hua

(Central-South Forestry University, Zhuzhou 412006, Hunan, China)

Abstract: Through the orthogonal test, the effect of hydrothermal treatment on physical and mechanical properties of compressed Poplar (*Populus × euramericana* spp.) lumber was studied. Analysis of the results showed that the optimum pretreatment parameters for the compressed Poplar lumber was 60 min and a moisture content of 15% when the temperature was at 130 ℃.

Key words: Poplar; Hydrothermal pretreatment; Compression; Physical and mechanical properties

速生人工林杨树生长速度快、蓄积量大, 是我国重要的人工林用材树种。但由于杨木密度低, 材质松软, 力学性能差, 使其利用受到限制^[1]。压缩强化处理可以提高杨木的物理力学性能, 从而使其满足室内装修、家具等用材的要求^[2]。为了掌握不同水热处理条件对压缩成型后杨木主要物理力学性能的影响, 本试验对软化后的杨木进行压缩强化处理, 以探求最佳的速生杨树木材水热处理工艺。

1 材料与试验方法

1.1 材料

试验用木材树种为意杨 (*Populus × euramericana* spp.), 采自湖南常德。原木胸径约为 30~40 cm, 将其锯成板材并气干至纤维饱和点以下, 根据

GB/T 1933-91 测定锯材的平均气干密度为 0.478 g/cm³, 含水率为 22%。压缩前试尺寸为 300 mm×50 mm×40 mm, 压缩后用于抗弯性能测定的试件尺寸为 300 mm×20 mm×20 mm, 用于密度和回弹率测定的试件尺寸为 20 mm×20 mm×20 mm, 用于硬度测定的试件尺寸为 70 mm×50 mm×50 mm。

1.2 试验方法

1.2.1 预处理试验 为考察不同水热处理条件对压缩木质量的影响, 在耐压容器中对试件进行汽蒸软化处理。以温度 130 ℃ 为固定因子, 以软化时间、含水率为变量, 根据 $L_9(3^4)$ 正交试验方案安排试验。

1.2.2 压缩成型试验 试件经过汽蒸软化处理后, 立即放入自制模具内固定, 并连同模具一起置于热压机上。在压板温度 100 ℃、单位压力 5 MPa 的条件下, 将各组试板均压缩至厚 20 mm, 由厚度规控制厚度, 压缩率 50%。

1.2.3 热处理试验 各组试板压缩至预定厚度后,

收稿时间: 2003-07-25

基金项目: 湖南省重点学科经费资助项目。

作者简介: 魏新莉 (1973—), 女, 中南林学院硕士研究生。

• 20 •

表 1 正交试验因子水平表
Tab. 1 Factors and levels of orthogonal test

水平	因素	
	A 软件时间/min	B 初含水率/%
1	40	10
2	60	15
3	80	20

在定厚的基础上停止加压,同时热压机升温至 180℃,经 40 min 的保温后,通入冷却水强制冷却。待试件芯层温度冷却至 40℃后取出,放置室内大气中平衡,7 天后检测其性能。

1.2.4 厚度回弹率试验 木材的湿胀率和压缩变形回弹率是评定压缩木尺寸稳定性的关键指标,本试验重点测定后者。试验采用煮沸法,即把已测定了密度和含水率的试件先浸于(20±2)℃常温水中 24 h,再

置于沸水中煮 2 h,取出气干后测量其厚度方向尺寸 T_r 。由下式计算其厚度方向的压缩变形回弹率。

$$R=\frac{T_r-T_c}{T_0-T_c}\times 100\%$$

式中:R—压缩变形回弹率,%;

T_r —回弹后气干试件的厚度,mm;

T_c —压缩后试件的厚度,mm;

T_0 —压缩前试件的厚度,mm。

1.2.5 物理力学性能测定 本试验共测定压缩材 9 组、未经任何处理的素材一组,检验指标有:抗弯弹性模量 MOE、抗弯强度 MOR、硬度 H 等 3 项力学指标和密度 ρ ,使用设备为 MWD-50 型电子式木材万能试验机 and 101A-3 型干燥箱,测定结果如表 2。

表 2 $L_9(3^4)$ 正交方案和计算结果
Tab. 2 $L_9(3^4)$ orthogonal test arrangement and results

试验号	因素水平		检验指标						
	A 软化时间/min	B 初含水率/%	T_c /mm	ρ /(g·cm ³)	MOE/MPa	MOR/MPa	H/N	R/%	
1	40	10	20.12	0.859	10695	157.65	6955	90.86	
2	40	15	20.10	0.886	11555	152.65	6390	90.54	
3	40	20	20.10	0.859	11360	143.2	7263	83.78	
4	60	10	20.05	0.738	10840	125.65	5633	80.42	
5	60	15	20.05	0.825	11970	156.8	6378	77.46	
6	60	20	20.06	0.974	11645	142.5	7485	91.80	
7	80	10	20.05	0.849	8045	105.4	5793	79.52	
8	80	15	20.06	0.845	10000	105.3	5775	76.64	
9	80	20	20.04	0.799	9185	107.25	6420	87.01	
素材	-	-	-	0.478	5427	57.65	30322		

2 结果与讨论

各因素对考核指标影响的比较结果见表 3。

表 3 试验结果的直观分析
Tab. 3 Visual analysis of the test result

考核指标	因素	分析指标				优选方案
		$\bar{K}_1$	$\bar{K}_2$	$\bar{K}_3$	级差 R	
密度	A	0.868	0.846	0.851	0.022	A ₁
	B	0.815	0.852	0.877	0.062	B ₃
变形回弹率	A	88.393	83.227	81.057	7.337	A ₃
	B	83.600	81.547	87.630	3.930	B ₂
抗弯弹性模量	A	11203	11485	9077	2408	A ₂
	B	9860	11175	10730	1648	B ₂
抗弯强度	A	151	142	106	45	A ₁
	B	130	138	131	9	B ₂
硬度	A	6869	6499	5996	873	A ₁
	B	6127	6181	7056	929	B ₃

2.1 工艺因素对产品密度的影响

在本试验范围内,虽然软化时间、试件初含水率对密度的影响不明显,但仍然可看出初含水率较高时有利于压缩变形固定。当初含水率从 10%增加到 15%,密度增加了 4.54%;而初含水率从 15%增加到

20%时,密度增加了 2.93%。说明试件初含水率高,热压时有更多的水分子对纤维素的非结晶区、半纤维素和木素进行润胀,为分子剧烈运动提供自由空间,从而使处理材的塑性得到加强,有利于压缩变形固定。

2.2 工艺因素对压缩变形回弹率的影响

为了减小高温引起的木材降解,本试验选择的热处理时间较短(指 1.2.3 的过程较短),不能有效地对压缩变形进行固定,压缩变形回弹率较高,但从已被固定的压缩量变化趋势中得出:软化时间对变形回弹率的影响较大。随着软化时间的增加,回弹率分别下降了 5.84%、2.61%,说明软化时间增加,试板芯部也得到部分软化,压缩时由于塑性增加而使变形回弹率降低。汽蒸处理可以使应变转化点向后推迟,使试板在软化过程中内应力得到一定的释放,达到了减少内应力的作用^[3],从而使试板在压缩后的压缩变形回弹率降低。

2.3 工艺因素对 MOE 的影响

当软化时间由 40 min 增加到 60 min 时,试件的 MOE 增加了 2.52%;但当软化时间继续增加到 80

min 时, MOE 反而迅速下降了 20.97%; 试件初含水率对其 MOE 的影响趋势大致相同, 即初含水率增大有利于 MOE 的提高, 升到一定值后, 这种增加则产生不利影响。这是因为木材的 MOE 与纤维素的定向性和结晶化程度及纤维素与半纤维素的联结强度等因素关系密切^[4], 开始时由于温度和水分的作用, 木材内部纤维素非结晶区域的结晶化程度有一定提高, 使木材的 MOE 有一定程度的提高。但随着软化时间的增加, 造成半纤维素的降解使半纤维素与纤维素的联结在一定程度上受到破坏, 半纤维素及木素组成的基质结构产生与纤维素脱层的现象, 使 MOE 开始下降。

2.4 工艺因素对 MOR 的影响

软化时间对 MOR 的影响较大。当时间由 40 min 延长至 60 min 时, 试件的 MOR 降低了 5.96%; 由 60 min 延长至 80 min 时, MOR 迅速降低了 25.35%。这可能是因为随着软化时间的增加, 木材的细胞壁物质半纤维素降解加快, 引起纤维松动, 造成抗弯强度下降。

2.5 工艺因素对硬度的影响

软化时间对硬度的影响较小。当软化时间由 40 min 增至 60 min, 硬度降低了 5.39%; 由 60 min 增至 80 min, 硬度降低了 7.74%。试件初含水率在 15% 以下变动时, 硬度几乎没有变化, 但从 15% 升至 20% 的过程中, 硬度提高了 14.16%。因此, 试件初含水率高时, 对硬度的提高有较大的影响。

3 结论

1) 软化时间对意杨压缩后的物理力学性能影响较大。在 130 ℃ 的蒸汽温度下, 若汽蒸软化时间控制在 60 min 内, 对热压木材的材性有较好的影响; 若汽蒸软化时间超过 60 min, 随着时间的延长, 试件的 3 项力学性能指标都有明显降低; 而且在压缩过程中软化时间太长, 试件的含水率升高, 压缩时试件内部的水分若不能及时排出, 易引起板面污迹。

2) 试件的初含水率大小对其 MOE 和硬度有一定影响。当初含水率在 15% 以下时, 随着含水率的升高, MOE 迅速增大, 而硬度没有变化; 当初含水率超过 15% 时, MOE 缓慢下降, 而硬度值升高。

3) 综合分析各项指标, 确定 A_2 、 B_2 为优选的汽蒸软化工艺, 即试件预干燥至含水率为 15%, 130 ℃ 蒸汽蒸 60 min 为本试验的优化工艺参数。

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, 172-192.
- [2] 刘占胜, 张勤丽, 张齐生. 压缩木制造技术[J]. 木材工业, 2000, 14(5): 19-21.
- [3] 龚仁梅, 王丽宇. 汽蒸处理对木材干燥应力的影响[J]. 林业科技, 1996, 9(5): 40-42.
- [4] 井上雅文. 关于木材横纹大变形的永久固定[D]. 日本: 京都大学木质科学研究所, 1994.
- [5] 李坚. 木材保护学[M]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [6] Japanese Industrial Standards Committee. JIS Z 2101-94 Methods of Test for Woods [S]. Tokyo: Japanese Standards Association, 1994.
- [7] 肖波南. 新编概率论与数理统计[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [8] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.

(上接第 19 页)

- [3] 方桂珍. 木材防腐剂使用与环境安全性[C]. 中国林学会木材科学分会第九次学术研讨会论文, 2003.
- [4] 成俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [5] 国家技术监督局. 木材物理力学性质试验方法(GB 1927~1943-

《木材工业》再度入选北京大学核心期刊库

据悉,《木材工业》杂志已再次被确定为北京大学中文核心期刊(轻工业、手工业类), 并将被编入北大 2004 年版《中文核心期刊要目总览》。

此次核心期刊的评选采用了被引量、被摘量、被引量、他引量、被摘率、影响因子、获国家奖或被国内外重要检索工具收录等 7 项评价指标, 比以往的期刊学术水平和影响力评价系统更具科学性、合理性和完整性。参加评审的学科专家达 1873 位, 经过定量筛选和专家定性评审, 从我国正在出版的近 12000 种期刊中评选出 1800 种作为核心期刊,《木材工业》杂志名列其中。

《木材工业》自 1987 年创刊至今, 得到主管单位国家林业局、主办单位中国林科院、承办单位木材工业研究所暨中国林学会木材工业分会的领导以及业内广大同仁的关心与支持。除了北京大学的核心期刊库,《木材工业》已连续多年被英国《林产品文摘》、美国《林产品杂志》等国际著名刊物以及《中国期刊网》、《中国学术期刊光盘版》、《中文科技期刊数据库》、《万方数据数字化期刊群》等国内权威机构收录。《木材工业》将坚持既往的原则, 努力提高期刊的质量, 更好地发挥专业媒体的桥梁作用, 衷心期望您能对《木材工业》的继续关注! 本刊讯