

浸胶单板干燥温度对压缩木性能的影响

鲍敏振, 张亚梅, 于文吉

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 将杨木单板浸渍酚醛树脂胶后经不同温度干燥, 再组坯热压制成压缩木, 探讨浸胶单板干燥温度对压缩木性能的影响。结果表明: 压缩木的耐水性能、静曲强度、弹性模量和垂直加载水平剪切强度等主要性能指标, 均以干燥温度为 60~70 °C 时最优。

关键词: 杨木; 压缩木; 浸胶; 干燥温度; 性能

中图分类号: S792.11; TS653

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654 (2016) 04-0046-03

Effect of Drying Temperature of Impregnated Veneer on Properties of Compressed Wood

BAO Min-zhen, ZHANG Ya-mei, YU Wen-ji

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors made a compressed composite wood from poplar veneers that were first impregnated with phenolic-formaldehyde resin, dried at different temperatures, and finally pressed into a compressed wood. The effect of drying temperature of the impregnated veneers on the properties of the compressed wood was analyzed. The results showed that when the drying temperature were 60~70 °C, the compressed wood had superior properties including water resistance, modulus of rupture, modulus of elasticity and horizontal shear strength.

Key words: poplar; compressed wood; resin impregnation; drying temperature; properties

我国长期致力于人工林、速生林的培育, 现有
人工林面积居世界之首, 其中杨树人工林面积达到
997 万 hm^2 , 蓄积量为 6.24 亿 m^3 ^[1]。但是, 杨木存
在材质松软、尺寸不稳定、不耐腐等缺陷, 限制了
其利用。为了解决这些问题, 科研人员开展了木材
强化技术研究。利用木材密实化技术制备压缩木,
成为研究热点之一^[2]。

压缩木是通过热压处理制成的一种密度大、强
度高的材料, 物理力学性能优良, 可以替代阔叶树
木材, 广泛应用于室内装饰材、结构材料以及户外
材料等附加值高的领域^[3]。制造压缩木的关键环节是
压缩变形的固定。已有研究表明, 用水溶性酚醛树
脂 (PF) 浸渍处理单板, 具有良好的尺寸稳定性^[4-6]。

在酚醛树脂压缩木的制造过程中, 浸胶单板的
干燥工艺至关重要, 直接影响胶液的预固化程度。
若干燥温度高于 100 °C, 单板表面会产生胶泡, 破
坏胶膜的完整性, 并使树脂分子量增长而加剧胶的
预固化, 造成单板在热压过程中胶合不良, 甚至完
全不能胶合; 反之, 温度太低, 干燥时间长, 干燥
效率降低, 亦可导致胶液预固化^[7]。目前, 关于浸胶

收稿日期: 2015-05-05; 修改日期: 2016-03-31

基金项目: 林业公益性行业科研专项经费“速生林木材高效重组制
造关键技术与示范”(201404503)。

作者简介: 鲍敏振 (1988—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士。
责任作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士
生导师。

单板干燥温度对压缩木性能的影响鲜有报道。

笔者选用厚度均一单板,经浸渍PF胶、干燥,再组坯热压制作压缩木,测试其主要物理力学性能,以探究浸胶单板的干燥温度对PF树脂胶预固化程度以及压缩木性能的影响,旨在为压缩木的制造工艺优化提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1) 杨木(I-69 杨, *Populus deltoides*) 原木: 采自山东冠县, 树龄 25 年, 胸径 25~35 cm。

2) 浸渍用低分子量酚醛树脂胶(PF): 北京太尔化工有限公司生产, 主要性能指标: 黏度 41 mPa·s (25 °C), 固体含量 46.76%, 贮存期 45 天(25 °C), pH 值 10.53, 游离醛 0.10%, 游离酚<1%。

1.2 试验装置

真空加压罐, 热压机, 电热恒温干燥箱, 电热恒温水箱, 万能力学试验机。

1.3 制板工艺

工艺流程: 旋切→干燥→裁切→浸胶→干燥→组坯→热压→平衡→锯解。

1) 单板旋切与浸胶 委托工厂将杨木原木旋切成 1 300 mm×700 mm×2 mm(长×宽×厚)的单板, 干燥至含水率 5%, 再裁切成规格为 300 mm×80 mm×2 mm 的单板条。

根据前期预试验, 采用真空加压浸渍法对杨木单板进行浸胶。配置固体含量 10%的胶液, 对杨木单板先进行真空浸渍 5 min(真空度为 0.1 MPa), 然后加压浸渍 8 min(压力为 0.45 MPa)。浸胶后单板的含水率为 30%, 浸胶量为 18%。

2) 浸胶单板干燥 采用气干或烘干法, 将浸胶单板的含水率从 30%降至 8%, 记录干燥时间。

气干法: 温度 20 °C, 湿度 25%;

烘干法: 将单板平铺于恒温干燥箱中间, 干燥温度分别设为 50、60、70、80 °C。

3) 组坯与热压 设定压缩木试板的目标密度为 0.80 g/cm³, 厚度 5 mm, 将浸胶干燥后的单板(5 层)称量后顺纹组坯, 采用“热进冷出”工艺进行热压。

热压参数为: 温度(140±1) °C, 时间 1 min/mm, 压力 2.5 MPa。每种单板干燥条件压制 3 块试板。

同时将厚度为 10 mm 的未浸胶杨木锯材, 按照设定压缩率 50%, 制成厚度 5 mm 的压缩木对照材。压缩工艺参数: 热压温度为(160±1) °C, 热压时间与压力同浸胶单板。

4) 试件锯解 将试板在大气中平衡 1 周后, 按规定尺寸裁边, 锯制试件。

1.4 性能检测

1) 耐水性能 制备的压缩木主要用作室外材, 因此, 参照 GB/T 30364-2013《重组竹地板》, 采用 28 h 循环水煮处理方法。

先将试件放入沸水中煮 4 h, 再置于(63±3) °C 的干燥箱中干燥 20 h, 最后放入沸水中继续煮 4 h。测试试件的吸水宽度膨胀率(WSR)、吸水厚度膨胀率(TSR)和吸水率(WAR)。

2) 力学性能 参照 GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 检测试件的静曲强度(MOR)和弹性模量(MOE); 参照 GB/T 20241-2006《单板层积材》, 检测试件的垂直加载水平剪切强度(HSS)。

每个检测项目取 6 个试件, 结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 干燥温度对浸渍单板干燥时间的影响

在不同干燥温度下, 浸胶杨木单板从含水率 30%至目标含水率 8%的干燥时间, 如图 1 所示。

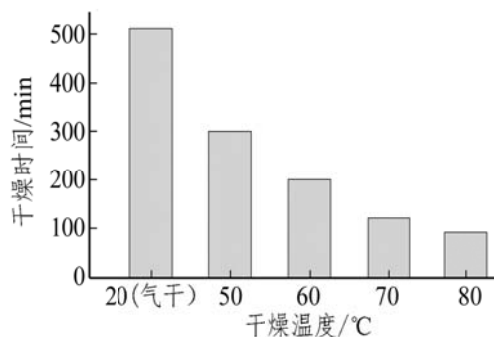


图 1 浸渍单板在不同干燥温度下的干燥时间

Fig.1 Drying time vs. temperature of impregnated veneers

从图 1 结果可知, 气干单板所需的干燥时间最长; 随着干燥温度的升高, 浸渍单板所需干燥时间逐渐缩短; 干燥温度 80 °C 时的干燥速率比 50 °C 的快 2.3 倍。

2.2 干燥温度对压缩木耐水性能的影响

以不同温度干燥的浸胶杨木单板制备压缩木,其耐水性能的检测结果列于表1。

表1 浸胶单板干燥温度对压缩木耐水性能的影响

Tab.1 Effect of drying temperature of impregnated veneers on water-resistance of compressed wood samples

板材 类型	干燥温 度/℃	密度/ (g·cm ⁻³)	28 h 水煮		
			WSR/%	TSR/%	WAR/%
压缩木	气干	0.80	1.87 (0.19)	19.89 (2.82)	55.06 (5.84)
	50	0.80	1.99 (0.59)	24.65 (1.07)	61.96 (4.87)
	60	0.81	2.72 (0.42)	18.67 (2.47)	61.13 (4.03)
	70	0.80	3.04 (0.38)	20.76 (2.81)	62.17 (5.34)
	80	0.77	2.15 (0.56)	22.71 (3.65)	62.74 (7.00)
对照材	—	0.78	4.91	85.16	157

注:括号内为标准差。下表同。

由表1可知,随着浸胶单板的干燥温度从50℃升至80℃时,压缩木试件的吸水宽度膨胀率WSR先增加后降低,而吸水厚度膨胀率TSR和吸水率WAR则先减后增。浸胶单板干燥温度为70℃时,压缩木试件的WSR最大,比60℃时增加了11.76%;干燥温度为60℃时,压缩木试件的TSR和WAR均最低。

当干燥温度高于70℃时,压缩木试件经过循环水煮试验后,出现局部开裂分层现象,说明浸胶单板干燥温度超过70℃后,胶黏剂的预固化程度加剧,影响单板的有效胶合,因此压缩木试件的TSR升高。

从表1还可知,对照材试件在经过28h循环水煮处理后,其TSR达到85.16%,被压缩的形变绝大部分回复;而在同样压缩率条件下,浸胶单板制作压缩木试件的TSR仅约20%,表现良好的耐水性。

杨木压缩木试件的TSR均高于WSR,主要与其成型工艺有关。在压制成型的过程中,压缩木的厚度方向受压,使细胞在宽度方向被拉长,其厚度方向的内应力远大于宽度方向。在耐水性能测试时,木材细胞沿厚度方向膨胀,沿宽度方向则有收缩的趋势^[7]。

随着单板干燥温度的改变,各压缩木试件的吸水率差异并不明显,其原因在于单板压缩率均在50%左右,压缩木试件的密度相差不大,因此,吸水时自由水进入到被压缩细胞孔隙的体积亦相差不大^[8]。

2.3 干燥温度对压缩木力学性能的影响

以不同温度干燥的浸胶杨木单板为基材,制备的杨木压缩木的力学性能检测结果,列于表2。

表2 浸胶单板干燥温度对压缩木力学性能的影响

Tab.2 Effect of drying temperature of impregnated veneers on mechanical properties of compressed wood samples

板材 类型	干燥温 度/℃	密度/ (g·cm ⁻³)	抗剪性能/MPa	抗弯性能/MPa	
			HSS _± 加载	MOR	MOE
杨木 原木	—	0.39	—	55.76	4 835
	气干	0.81	18.75 (1.37)	160.63 (8.18)	11 288 (881)
压缩木	50	0.81	15.88 (1.61)	160.70 (14.17)	11 380 (494)
	60	0.81	19.12 (0.98)	194.20 (8.27)	13 968 (867)
	70	0.81	20.00 (1.28)	184.73 (19.57)	13 251 (602)
	80	0.80	12.44 (1.81)	136.10 (10.84)	11 195 (495)

由表2可知,以烘干浸胶单板制作的压缩木,其HSS_±远高于气干单板的压缩木。随着单板干燥温度的升高,压缩木试件的HSS_±先增加、后降低,在干燥温度为70℃时达到最大值。剪切强度反映杨木单板和树脂层之间界面层的强度。当干燥温度上升到80℃时,胶黏剂预固化程度加剧,从而导致板材的垂直加载水平剪切强度下降^[9-10]。

在相同密度条件下,随着单板干燥温度的升高,压缩木试件的MOR和MOE也先上升、后下降,远远高于杨木原木。在干燥温度为60℃时,压缩木试板的MOR和MOE均达到最大值。

3 结论

1) 在本试验范围内,浸胶杨木单板的干燥温度为60℃时,压缩木的耐水性能及静曲强度、弹性模量较优;干燥温度为70℃时,压缩木的垂直加载水平剪切强度最高。

2) 综合考虑压缩木的耐水性能、主要力学性能以及干燥效率等因素,建议工业化生产中,浸胶杨木单板的干燥温度可以设为60~70℃。

参考文献:

- [1] 国家林业局. 第八次全国森林资源清查结果[J]. 林业资源管理, 2014 (1): 1-2. (下转第52页)

在滇青冈木材的低温高湿干燥过程中,控制好介质湿度是关键,因此对于气密性不佳的干燥窑以及满足低温要求的除湿干燥窑,间歇干燥具有较好的技术可行性。如控制滇青冈木材的开裂与变形等干燥缺陷,进一步提高干燥质量,在工厂操作中可从以下方面入手:

首先是干燥工艺的优化,确定间歇干燥开始的合理时机与持续时间,充分利用温度梯度的作用,降低板材内含含水率梯度,减少开裂风险。

其次是制材工艺的优化,兼顾出材率与干燥质量,如可以采用三面或四面下锯法,锯解出较窄的板材,尽量避免半侧含髓心的半弦半径宽板材,减少两宽表面干缩差异带来的瓦弯变形。

3 结论与建议

1) 滇青冈木材属于典型难干材,采用常规连续干燥基准时,木材开裂严重;采用间歇干燥基准,可在22 d内将其含水率从近40%干燥至12%,无表面开裂,含水率和应力指标达到GB 6491-2012中二级干燥质量的要求。

2) 间歇干燥操作方便,干燥质量良好,特别适合易开裂木材,在除湿干燥和气密性较差的常规干燥窑使用。

3) 间歇干燥试板的扭曲和瓦弯指标偏高,还需通过干燥工艺优化、板材预处理和锯解方式等措施协同调控,改善木材干燥质量。

参考文献:

- [1] 康利国,艾沐野,程万里,等. 青冈锯材常规干燥工艺探讨[J]. 森林工程, 2011, 27 (2): 31-34.
- [2] 郑忠福. 硬杂木的除湿干燥技术[J]. 木材加工机械, 1995, 26 (3): 26-28.
- [3] 肖绍琼,施桂萱,吴立忠. 黄毛青冈等四种硬木干燥特性的研究[J]. 木材工业, 1992, 6 (4): 28-34.
- [4] 林金国,郑郁善,陈新兴,等. 突脉青冈木材物理力学性质的研究[J]. 福建林学院学报, 1999, 19 (1): 47-49.
- [5] 杜国兴,顾炼百,钟争登. 25 mm厚脲醛胶地板坯料干燥工艺的研究[J]. 林产工业, 2003, 20 (2): 22-23.
- [6] Herritsch A, Dronfield J, Nijdam J. Intermittent and continuous drying of red-beech timber from the green condition[C]// Proceedings of 16th International drying symposium, 2008.
- [7] Putranto A, Chen X D. Modeling intermittent drying of wood under rapidly varying temperature and humidity conditions with the lumped reaction engineering approach [J]. Drying technology, 2012, 30 (4): 1658-1665.
- [8] Yang L, Liu H-H, Cai Y-C, et al. The study on cell collapse and recovery of *Eucalyptus urophylla* during drying[J]. BioResources, 2014, 9 (2): 2584-25920.
- [9] 徐开蒙,彭鹏祥,涂登云,等. 60mm厚枫香木材快速干燥工艺[J]. 木材工业, 2011, 25 (6): 38-41.
- [10] 顾炼百. 木材加工工艺学(2版)[M]. 北京: 中国林业出版社.

(责任编辑 向 琴)



(上接第45页)

性能均呈增强趋势;提高施胶量,对控制板材的24 h TS有明显作用。

2) 在本试验提出的优化工艺条件下制备 MUF 防潮刨花板,其物理力学性能达到 GB/T 4897-2015 中“P7 型潮湿状态下使用的承载型刨花板”及“P9 型高潮湿状态下使用的普通型刨花板”。

参考文献:

- [1] 周定国. 我国刨花板工业的创新展望[J]. 木材工业, 2006, 20 (2): 30-32.
- [2] 贾珉倩,孙德阳,朱长庆,等. 影响刨花板尺寸稳定性的因素[J]. 木材加工机械, 2005 (1): 42-45.
- [3] 董葛平,邓玉和,王新洲,等. 竹柳材性及其刨花板制造工艺研究[J]. 西南林业大学学报, 2013, 33 (3): 92-96.
- [4] 顾继友,高振华,谭海彦. 制造工艺因素对刨花板吸水厚度膨胀率的影响[J]. 林业科学, 2003, 39 (1): 132-139.

(责任编辑 向 琴)

(上接第48页)

- [2] Homan W J, Jorissen A J M. Wood modification developments [J]. Heron, 2004, 49 (4): 360-369.
- [3] 蔡家斌,董会军. 木材压缩处理技术研究的现状[J]. 木材工业, 2014, 28 (6): 28-31.
- [4] 李坚. 功能性木材[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [5] Gabrielli C P, Kamke F A. Phenol-formaldehyde impregnation of densified wood for improved dimensional stability [J]. Wood Science and Technology, 2010, 44 (1): 95-104.
- [6] Leemon N F, Ashaari Z, Uyup M K A, et al. Characterisation of phenolic resin and nanoclay admixture and its effect on impreg wood [J]. Wood Science and Technology, 2015, 49 (6): 1209-1224.
- [7] 余养伦,周月,于文吉. 密度对桉树纤维化单板重组木性能的影响[J]. 木材工业, 2013, 27 (6): 5-8.
- [8] 余养伦. 高性能竹基纤维复合材料制造技术及机理研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.
- [9] 顾继友. 胶粘剂与涂料[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [10] 张亚慧,祝荣先,于文吉,等. 浸胶竹纤维化单板干燥温度对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25 (6): 1-3.

(责任编辑 向 琴)