

研究与开发

酚醛树脂处理杨木、杉木尺寸稳定性分析

刘君良¹, 王玉秋²

(1. 中国林业科学研究院, 北京 100091; 2. 北华大学林学院, 吉林 132011)

摘要: 采用酚醛树脂浸渍处理人工林杨木、杉木, 然后通过热压定型工艺制得表面密实化木材。对其尺寸稳定性的分析结果表明, 处理试材的增重率、抗胀率和阻湿率随树脂浓度的增加而成比例增大, 弦向和径向干缩率明显降低, 在树脂浓度较低时变化较大, 当达到一定量时变化趋于稳定。就压缩变形恢复率而言, 当树脂浓度超过 10%, 压缩变形恢复率很小, 说明表面密实化木材的压缩变形几乎被固定。

关键词: 酚醛树脂; 表面密实化木材; 尺寸稳定性; 压缩变形

中图分类号: S781.62 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2004)06-0005-04

Dimensional Stability of Surface-Compressed Wood by PF Resin Treatment

LIU Jun-liang¹, WANG Yu-qiu²

(1. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Forestry College of Bei Hua University, Jilin 132011, China)

Abstract: Specimens of Poplar (*Populus xeuramericana* Guinier Cl. 'San Martino' and *P. deltoides* Bartr Cl. 'Lux') and Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) were measured and weighed. They were then impregnated with PF resin, surface compressed and then again measured and weighed. The results showed that with the increase in resin concentration, the weight percent gain (WPG), anti-shrink efficiency (ASE) and moisture excluding efficiency (MEE) of the treated wood increased proportionally, while its tangential and radial shrinking ratio decreased. When the resin concentration was lower, the changes of all the above indexes appeared more pronounced and tended to be stable until a certain level. The compression deformation recovery rate of the treated wood was slight when the resin concentration exceeded 10%, which meant that the compressive deformation was almost constant for wood.

Key words: Phenol-formaldehyde (PF) resin; Surface-compressive wood; Dimensional stability; Compressive deformation

在“八五”期间, 长江中下游低丘滩地以其独特的地理和气候条件, 种植了大量的速生丰产人工林杨树、柳杉、池杉、杉木等, 目前, 这些人工林木材直径一般在 20~35 cm, 间伐材, 可用于生产中密度纤维板、纸浆材以及成材加工利用。10~15 年生的杨树, 直径已达到 40~50 cm, 将作为主伐材加以利用^[1]。因此, 开发杨木、杉木深加工、精加工新技术, 创造高附加值产品, 不但可以促进当地社会经济的发展, 同时还可以推动林业产业化进程。

基于上述想法, 针对杨木、杉木密度低、材质软的特点, 制定了表面密实化研究课题。在 20 世纪 90 年代初期, 日本学者开始进行人工林软质木材密实化技术研究^[2~5], 我国学者在此期间也开展了密实化方面的研究工作^[6~9]。本文将讨论在不同处理条件下, 表面密实化木材的尺寸稳定性及其变化规律, 确定生产工艺及参数。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

试材为低丘杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 和

滩地杨木 (I-72 杨 *Populus xeuramericana* Guinier CI. 'San Martino'; I-69 杨 *P. Deltoides* Bartr CI. 'Lux'), 1999 年采集于湖南省, 采集记录见表 1。试验所用的水溶性低分子量酚醛树脂为实验室合成, 树脂的固体含量、游离酚含量、游离甲醛含量、可被溴化物含量、黏度、pH 值和水混合性等指标均按照国家标准 GB/T 14074.1~18-93 进行检测。试验过程中 I-72 杨和 I-69 杨混合使用, 统称为杨木。

表 1 样木采集记录

Tab. 1 Specimen identification

树种	产地	树龄/年	胸径/cm	树高/m	枝下高/m
杉木	军山铺	14	13~14	12~15	3~5
I-72 杨	汉寿	18	36~54	25~34	8~13
I-69 杨	沅江	7	21~28	16~19	4~7

1.2 试验方法

试材采集按照国家标准木材物理力学试材采集方法 GB 1929.40-91, 试件加工按国家标准木材物理力学试件加工方法 GB 1929.43-91 进行, 其弦向×径向×纵向尺寸分别为: 20 mm×20 mm×20 mm 和 20 mm×20 mm×30 mm 两种。浸渍处理采用常温和真空两种方式, 树脂浓度为 5%、10%、15%、20%、40%。浸渍树脂后的木材试件充分气干, 然后放入热压机中进行压缩压密、加热定型。压缩厚度由厚度规控制, 压缩率选为 20% 和 50%。

试件尺寸按以下方式检测^[5]: PF 树脂浸渍处理的木材压缩后, 立即测试件径向厚度, 计算出的压缩率为试件的初始变形恢复率。将不同条件处理后的试件减压 30 min, 然后注入水, 常温下浸泡 210 min, 取出试件测量径向厚度, 计算试件的湿变形恢复率; 然后再把饱和后的试件放入沸水中(98 ℃)煮 30 min, 取出试件测量径向厚度, 计算出试件的煮沸变形恢复率。将变形恢复后的试件放于 50 ℃的烘箱中干燥 20 h, 然后调整到 105 ℃干燥 4 h, 测其径向厚度, 计算干状态变形恢复率。压缩率和变形恢复率分别按下式计算:

$$\text{压缩率}(C) = \frac{T_r - T_c}{T_c} \times 100\%$$

$$\text{压缩变形恢复率}(R) = \frac{T_r - T_c}{T_0 - T_c} \times 100\%$$

式中: C —木材压缩率, %; R —压缩变形恢复率, %; T_r —回弹后干试件的厚度, mm; T_0 —压缩前试件的厚度, mm; T_c —压缩后的厚度, mm。

万方数据

2 结果与讨论

2.1 酚醛树脂处理后木材的物理性能

采用水溶性低分子量酚醛树脂(PF 预聚物)对杨木、杉木进行浸渍处理。为了解析 PF 预聚物处理对木材热压前后尺寸稳定性的作用, 测定了木材的增重率(WPG)、增容率(BE)、抗胀(缩)率(ASE)、阻湿率(MEE)、弦、径向干缩率等指标^[2,4,5], 其结果如图 1~3 所示。

从图 1 可以看出, 酚醛树脂处理木材的增重率(WPG)随树脂浓度的增加而成比例增大, 当树脂浓度为 10% 时, 杨木的 WPG 为 22.4%, 杉木的为 17.8%; 树脂浓度为 20% 时, 杨木的 WPG 为 44.8%, 杉木的为 30.9%; 当树脂浓度为 40% 时, 杨木的 WPG 达到 58.4%, 杉木达到了 44.8%。但是, 处理木材的增容率(BE)与树脂浓度无线性关系, 当树脂浓度为 10% 时, 杨木的 BE 为 8.6%, 杉木的为 7.4%; 当树脂浓度为 40% 时, 杨木的 BE 为 15.1%, 杉木为 11.8%。在树脂低浓度时, 处理木材的体积膨胀上升很快; 当浓度超过 15% 时, 体积膨胀上升速度缓慢, 逐渐趋于稳定。这一结果说明, 木材细胞腔及细胞间隙吸收树脂的量是有限的, 当达到一定量之后, 体积膨胀达到一定程度, 多余的药液将会浪费。

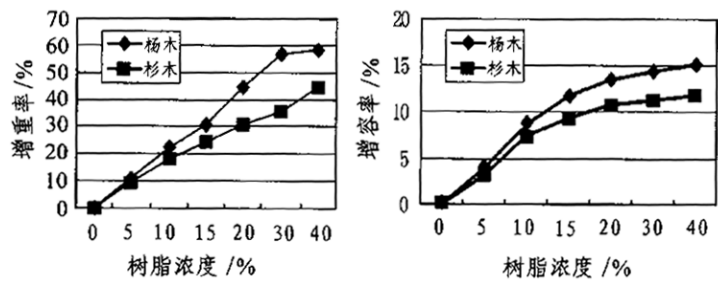


图 1 增重率、增容率与树脂浓度之间的关系

Fig. 1 WPG and bulk efficiency (BE) of PF treated wood corresponding to resin concentration

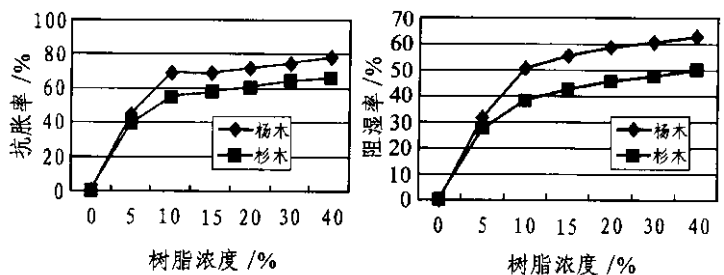


图 2 抗胀(缩)率(ASE)、阻湿率(MEE)和树脂浓度之间的关系

Fig. 2 ASE and MEE of PF treated wood corresponding to resin concentration

根据图 2 可知,在树脂浓度较低时,试件的抗胀率(ASE)和阻湿率(MEE)随树脂浓度增加而快速增大。当树脂浓度为 5% 时,杨木的 ASE 为 47.7%, MEE 为 31.8%;杉木的 ASE 为 39.8%, MEE 为 27.6%;当树脂浓度为 10% 时,杨木的 ASE 达到 69.7%, MEE 达到 50.8%,杉木的 ASE 达到 55.7%, MEE 达到 39.2%;当树脂浓度超过 10% 时曲线趋于平缓。试验结果表明,试件 ASE 和 MEE 随树脂浓度的变化趋势与 BE 相似。ASE 和 MEE 在树脂浓度较低时增加很快,达到一定浓度时变化趋于稳定。这一结果也说明木材细胞壁对树脂的吸收存在着一定的极限。过量的树脂填充于细胞腔内表面和细胞腔中,而赋予木材阻湿抗胀性能的主要是进入细胞壁内的树脂。

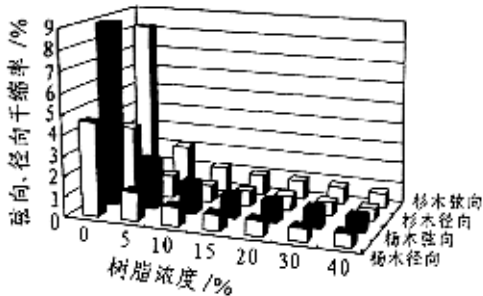


图 3 树脂浓度与处理材弦、径向干缩率之间的关系

Fig. 3 Tangential and radial shrinkage ratio of PF treated wood corresponding to resin concentration

在同一相对湿度环境中,试件的弦向和径向干缩率与树脂浓度之间的关系见图 3。经过树脂浸渍处理后的试样,抗胀(缩)能力大大提高。这是由于试样本身阻湿性能提高,弦向、径向干缩率降低所致。如杨木素材的径向、弦向干缩率分别为 4.62%、8.97%,杉木素材为 3.43%、8.21%。浓度为 5% 的树脂处理的杨木和杉木的径向、弦向干缩率分别为 1.42%、2.44% 和 1.12%、2.11%。浓度为 20% 树脂处理的杨木和杉木的径向、弦向干缩率分别为 0.75%、1.02% 和 0.73%、0.96%。

2.2 酚醛树脂处理木材的压缩变形恢复率

不同浓度的木材试件厚度膨胀率结果如图 4。从图 4 可看出,随着树脂浓度的增加,试件的压缩变形恢复率明显减小。当树脂浓度为 10% 时,压缩率为 20% 和 50% 时的杨木压缩变形恢复率分别为 8.6% 和 12.4%,杉木分别为 6.2% 和 9.6%;当树脂浓度为 15% 以上时,压缩率为 20% 和 50% 时的杨木压缩变形恢复率分别为 4.3% 和 4.8%,杉木分别为 3.2% 和 3.6%。当树脂浓度为 40% 时,压缩率为

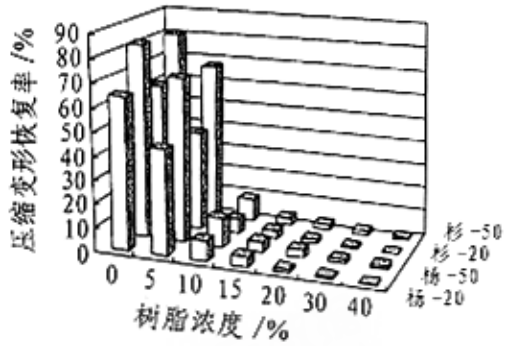


图 4 木材的恢复率与树脂浓度、压缩率的关系

Fig. 4 Compression recovery rate of PF treated wood corresponding to resin concentration

20% 和 50% 时的杨木压缩变形恢复率分别为 0.3% 和 1.3%,杉木分别为 0.12% 和 0.9%。可见同样处理浓度下,试件压缩率高,其压缩变形恢复率大。从测试结果看,当树脂浓度超过 10%,试件的压缩变形恢复率很小,说明表面密实化木材的压缩变形几乎被固定。

图 5 说明在压缩率为 20%、树脂浓度 15%、热压时间 20 min 的条件下,随着热压温度的升高,试件压缩变形恢复率减小。当热压温度为 180 °C 时,杨木的压缩变形恢复率为 4.1%,杉木为 2.7%。同样,随着热压时间的延长,试件的压缩变形恢复率减小(热压温度 180 °C)。当热压时间超过 10 min,无论是杨木还是杉木,其压缩变形恢复率不超过 5%;当热压时间为 15 min 时,杨木的压缩变形恢复率为 2.5%,杉木为 2.1%,其压缩变形几乎被固定。

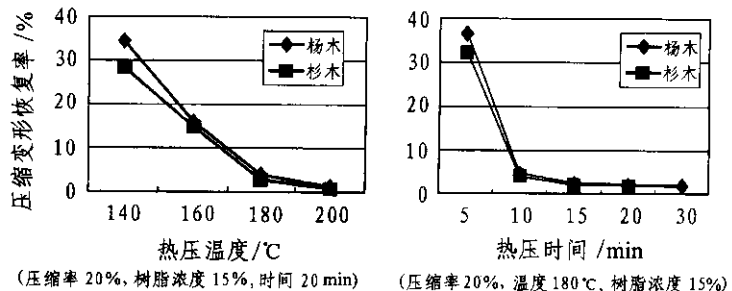


图 5 不同热压温度、热压时间与压缩变形恢复率的关系

Fig. 5 Relation among deformation recovery rate of treated wood and hot-press temperature and time

3 结论

1) 水溶性低分子量酚醛树脂浸渍处理杨木、杉木固定木材压缩变形,符合木材尺寸稳定化处理的原则,即在保持木材原有优良性质的前提下,改良其吸湿和干缩湿胀性能。检测结果表明,酚醛树脂处理后的木材增重

率(WPG)、增容率(BE)、阻湿率(MEE)、抗胀(缩)率(ASE)随着树脂浓度的增加而增大。从经济角度考虑,选择树脂浓度在10%~20%为好。

2)对增容率而言,采用低浓度树脂处理时,处理试件的体积膨胀率上升很快;当树脂浓度超过15%时,其增容率上升速度缓慢,逐渐趋于平稳。这是由于在低浓度时,树脂进入细胞间隙中,很快占据了细胞空间,使木材体积增大;高浓度时,木材细胞腔及细胞间隙吸收到一定量的树脂之后,体积膨胀达到极限,多余的树脂只能残留在细胞腔的内表面和细胞腔中,增容作用很小。

3)处理试件的抗胀率(ASE)和阻湿率(MEE)也是在树脂浓度较低时,随树脂浓度增加而快速增大,当浓度超过10%时曲线趋于平缓。试验结果表明,木材细胞壁对PF树脂的吸收存在着一定的极限。过量的树脂填充于细胞腔内表面和细胞腔中,而赋予木材阻湿抗胀性能的主要是进入细胞壁内的树脂。

4)在同一相对湿度环境中,处理试件的弦向和径向干缩率以及弦、径向差异干缩比差别均不大,远小于素材。当树脂浓度为20%时,杨木处理材弦、径向干缩率分别为1.02%和0.75%,素材的弦、径向干缩率分别为8.97%和4.62%,说明处理后的木材尺寸相对稳定。

5)随着树脂浓度的增加,处理试件的压缩变形恢复率明显减小。当树脂浓度为15%以上时,杨木压缩率为20%和50%的压缩变形恢复率分别为4.3%和4.8%,杉木分别为3.2%和3.6%。从检测结果看,当

树脂浓度超过10%,处理材的压缩变形恢复率很小,说明固定木材压缩变形的效果很好。

6)在压缩率和树脂浓度一定的条件下,热压温度、热压时间与压缩变形恢复率密切相关。当热压时间不变时,随着热压温度的升高,处理试件的压缩变形恢复率减小;同样,当热压温度不变时,随着热压时间的延长,试件的压缩变形恢复率也减小。因此,可以通过控制热压温度和热压时间的方法实现固定木材压缩变形的目的。

参考文献:

- [1] 刘盛全,江泽慧,鲍甫成. 人工林杨树木材性质与生长培育关系的研究[J]. 林业科学,2001,37(2):90-96.
- [2] 井上雅文,则元京. 软质针叶树材的表面层压密化处理(第I报)[J]. 木材学会志(日),1990,36(11):969-975.
- [3] 伊藤洋一. 木材的压缩(1)[J]. 木材工业(日),1995(1):18-20.
- [4] 井上雅文,则元京. 软质针叶树材表面层压密化处理(第II、III报)[J]. 木材学会志(日),1991,37(3):227-241.
- [5] 井上雅文,见玉顺一,山本康二. 高频加热处理压缩木材的尺寸稳定性[J]. 木材学会志(日),1998,44(6):410-416.
- [6] 刘君良,江泽慧,许忠允. 人工林软质木材表面密实化新技术[J]. 木材工业,2002,16(1):20-22.
- [7] 刘君良,李坚,刘一星,等. 高温水蒸气处理固定杨木横纹压缩变形的研究[J]. 林业科学,2003,39(1):126-131.
- [8] 刘君良,江泽慧,孙家杰. 酚醛树脂处理杨树木材物理力学性能测试[J]. 林业科学,2002,38(4):176-180.
- [9] 刘君良,李坚,刘一星,等. PF预聚物处理固定木材压缩变形的机理[J]. 东北林业大学学报,2000,28(4):21-24.

欢迎订阅 2005 年《林业科学》

《林业科学》是中国林学会主办的林业综合性学术期刊,创刊于1955年。2000、2002年两次荣获中国期刊最高奖——“国家期刊奖”。

主要刊登:林业及相关领域的最新科研成果,及时反映国家林业建设重点和热点,评述学术动向,开展学术讨论,促进国内外学术交流。内容包括森林培育、森林生态、林木遗传育种、森林保护、森林经理、森林与生态环境、生物多样性保护、野生动植物保护与利用、园林植物与观赏园艺、经济林、水土保持与荒漠化治理、林业可持续发展、森林工程、木材科学与技术、林产化学加工工程、林业经济及

林业宏观决策研究等方面。以学术论文、研究报告、综述为主,还设有学术问题讨论、研究简报、科技动态、新书评介等栏目。主要刊登中文论文,同时接受附中文摘要的英文论文,读者对象为国内外从事林业各个领域研究的科技人员、林业管理干部以及高等院校的师生。

双月刊,单月25日出版,大16开,每期192页,单价30元,全年180元。国内外公开发行,国内统一刊号:CN11-1908/S。邮发代号82-6。也可以直接汇款到编辑部邮购(注明联系方式,订阅份数),免收邮费。

地址:北京万寿山后中国林学会《林业科学》编辑部,100091 电话:(010)62889820;62888579

Email: linykx@forestry. ac. cn http://lyke. chinajournal. net. cn