

研究与开发

树脂浸渍量对杨木单板层积材性能的影响

刘焕荣, 刘君良, 柴宇博

(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: 采用低分子量酚醛树脂浸渍处理的杨木单板制备单板层积材(LVL), 探讨浸渍方式对单板树脂浸渍量和LVL性能的影响。结果表明: 在常温常压和加压条件下, 浸渍量均随浸泡时间的延长而增加; 浸渍量增大, LVL性能提高。当浸渍量为168%时, 弹性模量和静曲强度分别达到日本JAS SIS-24《结构单板层积材》标准中140E级和180E级要求。

关键词: 杨木; 单板层积材; 树脂浸渍量; 力学性能

中图分类号: TS653.3; S792.11

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2007)03-0011-03

Effect of the Amount of Resin Impregnation on the Properties of Poplar LVL

LIU Huan-rong, LIU Jun-liang, CHAI Yu-bo

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Laminated veneer lumber (LVL) was manufactured from poplar veneer, that had been impregnated with low-molecular-weight water-soluble phenol-formaldehyde resin. The effects on the mechanical and physical properties of the LVL were investigated when made from veneer that had been subjected to various levels of the resin treatment. The results indicated that either at normal temperature and pressure, or under an increased pressure condition, the resin impregnation in veneer increased as the impregnating time was prolonged. When the resin impregnation increased, LVL physical and mechanical properties improved significantly. When the resin impregnation was 168%, the modulus of elasticity(MOE) and modulus of rupture(MOR) of the LVL reached 140E and 180E grade of JAS SIS-24《Structural Laminated Veneer Lumber》standard, respectively.

Key words: Poplar; laminated veneer lumber (LVL); resin impregnation; mechanical properties

杨树是我国主要人工林树种之一, 其密度低(基本密度 0.35 g/cm^3 左右)、材质松软, 加工性能差, 按常规工艺生产的杨木单板层积材(LVL)、胶合板等产品力学强度低, 表面硬度、耐磨、耐候性能差, 不能满足结构用途的要求。而采用树脂浸渍单板的方法生产的LVL, 其物理力学性能明显提高, 被用作结构建筑梁、桁架、门窗框、集装箱底板和地板等材料时, 能够替代优质原木, 满足工程建设、汽车制造和造船业等的需要, 不仅可实现人工林杨木的高效利用, 还

在一定程度上缓解了我国优质木材的供应短缺^[1-2]。

早在1958年, Lloyd和Stamm^[3]利用水溶性酚醛树脂(PF)浸渍单板, 获得增重率为25%~30%, 单板经过干燥、压缩之后, 其耐候性能得到明显提高。Chui等^[4]研究了利用低分子量水溶性PF浸渍杨木单板的方法生产杨木LVL, 与未浸渍处理单板制得的LVL相比, 弹性模量(MOE)和纵向静曲强度(MOR)分别提高了10%和25%, 24h吸水厚度膨胀率(TS)下降了50%左右。张占宽等^[5]采用对杨木单板进行PF浸渍的处理方式, 制成增强型密实型杨木LVL, MOE和MOR平均为15.921 GPa和130.31 MPa, 大大超过了结构用材规定的 $\geq 6.5 \text{ GPa}$ 和 $\geq 70 \text{ MPa}$ 的要求。王小青等^[6]对杨木单板和竹帘进行

收稿日期: 2006-07-11; 修改稿: 2007-04-26

作者简介: 刘焕荣(1982—), 女, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 刘君良(1961—), 男, 中国林科院木材工业研究所研究员。

PF 浸渍处理,制备增强型竹木复合 LVL 的研究表明:其竹木复合材料的 MOE 和 MOR 均达到或超过了日本农林标准 JAS SIS-24《结构单板层积材》的相关指标。

本文主要研究了不同处理工艺与单板树脂浸渍量(以下称浸渍量)的关系,以及浸渍量对杨木 LVL 物理力学性能的影响,为开发可满足建筑工程、交通及家具等领域使用的强化 LVL 提供依据。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

杨木 意杨(*Populus spp.*),产于江苏省泗阳县。单板幅面 400 mm×250 mm,平均厚度 2.0 mm,密度 0.388 g/cm³,含水率 6%~8%。

PF 树脂 试验室合成,量比为 $n(P):n(F):n(\text{NaOH})=1:2.1:0.1$,固体含量 50.1%,pH 值:9~10,水混合倍数 $L>7$ 。

1.2 试验方法

先采用常规的涂胶方法制备普通的 LVL 作为对照,双面涂胶量 160 g/m²。浸渍处理所用的 PF 胶的质量分数为 30%,并设计了 8 种浸渍处理方式,得到不同的浸渍量,选用其中几种浸渍量的单板进行制板,并与对照 LVL 进行性能比较。试件性能检测依据 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,同时参照日本 JAS SIS-24 标准进行。主要检测指标:密度、MOE、MOR 及 TS。

1.3 工艺流程

杨木单板→裁剪→浸渍→晾晒→组坯→热压→陈放→锯制试件→性能检测

每块 LVL 由 9 层单板组成,按照纹理相同方向进行组坯,设计厚度为 16 mm。热压工艺参数:温度 140 ℃;压力 2.0 MPa;时间 18 min。

2 试验结果与分析

2.1 不同浸渍处理方式对单板浸渍量的影响

本试验制定了 8 种浸渍处理工艺,分别用 $Z_1\sim Z_8$ 表示,浸渍工艺条件及浸渍量测定结果见表 1。

由表 1 可以看出,常温常压下,随着浸泡时间的延长,浸渍量逐渐增加,但最后增长速度趋缓。杨木单板浸泡 2 h 时的浸渍量比浸泡 10 min 的浸渍量增加了 33.6%。但浸泡时间从 2 h 延长到 24 h 后,浸渍量只增加了 12.2 %。因此,在常温常压下浸泡 2.0 mm 厚度的杨木单板,浸泡时间在 2 h 之内,浸渍

表 1 浸渍处理工艺与浸渍量的关系
Tab. 1 The relationship between resin impregnated amount and impregnation process

编号	浸渍处理工艺	浸渍量/ %
Z_1	常温常压下浸泡 10 min	66.2
Z_2	常温常压下浸泡 30 min	72.86
Z_3	常温常压下浸泡 2 h	99.8
Z_4	常温常压下浸泡 7 h	107.87
Z_5	常温常压下浸泡 24 h	112
Z_6	加压至 0.8 MPa,保压 15 min	145
Z_7	加压至 0.8 MPa,保压 30 min	168.1
Z_8	加压至 0.8 MPa,保压 2 h	210

量增长速度较快,随后吸脂速度减慢。

采取加压方式,可促进单板对树脂的快速吸收。在 0.8 MPa 下保压 15 min 的条件下,浸渍量是常温常压下浸泡 10 min 的 2.19 倍,比浸泡 24 h 增加了 33%,保压 2 h 后浸渍量达到了 210%,此后单板的浸渍量几乎不再随着保压时间的增加而增加,说明杨木单板的饱和浸渍量在 210%左右。

2.2 浸渍量对杨木 LVL 性能的影响

基于前期试验,筛选 Z_2 、 Z_5 、 Z_7 、 Z_8 等 4 种工艺浸渍处理的单板,进行不同浸渍量对 LVL 物理力学性能的研究,并与对照板性能指标进行比较,结果如表 2 所示。

表 2 不同浸渍量时 LVL 的物理力学性能
Tab. 2 Properties of the LVL made with different resin impregnated amounts

浸渍量/ %	密度/(g · cm ⁻³)	TS/ %	MOE/GPa	MOR/MPa
涂胶	0.51 (3.72)	5.47 (48.53)	9.47 (4.76)	70.36 (11.68)
72.86	0.52 (5.86)	4.28 (13.02)	11.38 (11.91)	101.84 (17.93)
112.00	0.54 (7.71)	3.64 (17.31)	12.41 (15.23)	120.81 (24.33)
168.10	0.66 (3.50)	3.21 (3.41)	15.34 (5.76)	135.31(13.07)
210.00	0.71 (2.21)	2.57 (5.83)	11.23 (14.32)	107.51(10.46)

注:括号内为变异系数。

2.2.1 浸渍量对杨木 LVL 物理性能的影响

如图 1a 所示,随着浸渍量的增加,LVL 的密度逐渐增大。当试板浸渍量为 72.86%时,与对照板涂胶量中的干物质树脂相当,因此密度相差较小。当浸渍量为 112%时,密度比对照板增加了 5%;当浸渍量为 168%时,密度增加了 26%;当浸渍量为 210%时,密度增加了 36%。密度与浸渍量的关系与 2 次多项式拟合较好,其回归方程为 $y=0.0115x^2-0.0113x+0.4877$,离差平方值为 $R^2=0.9614$ 。

如图 1b 所示,随着浸渍量的增加,TS 呈明显下降趋势。浸渍量与对照板的涂胶量相当时,TS 下降了 21.76%,可见,涂胶量相同时,浸胶方式生产的

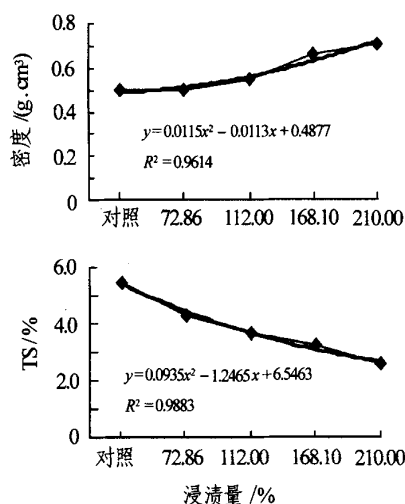


图 1 浸渍量与 LVL 的密度、TS 的关系

Fig. 1 The relationship between density, TS of the LVL and resin impregnated amount

LVL 的尺寸稳定性较好。当浸渍量从 112% 增大到 210% 时, TS 从 3.64% 减小到 2.57%; TS 与浸渍量之间基本呈线形关系, 回归方程为 $y = 0.0935x^2 - 1.2465x + 6.5463$, 离差平方值为 $R^2 = 0.9883$ 。

2.2.2 浸渍量对杨木 LVL 力学性能的影响

由图 2 可以看出, 随着浸渍量的增加, MOE 和 MOR 均呈先快速增大后减小趋势; 涂胶量相当时, 浸渍方式生产的 LVL 的 MOE 和 MOR 分别比涂胶方式的对照板增加了 20.17% 和 44.74%。当浸渍量为 168% 时, MOE 和 MOR 均达到了最大值, MOE

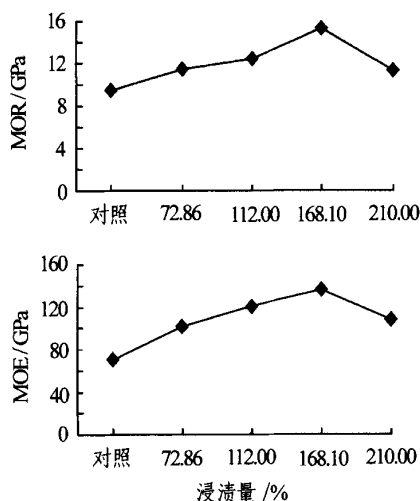


图 2 浸渍量与 LVL 的 MOE、MOR 的关系

Fig. 2 The relationship between MOE, MOR of the LVL and resin impregnated amount

达到了日本 JAS SIS-24 标准中 140E 级 14.0 GPa 的要求, MOR 超过了标准最高 180E 级 67.5 MPa 的要求, 分别比对照板增加了 62% 和 92%。但浸渍量达到 210% 时, MOE 和 MOR 反而比浸渍量为 168% 时下降了 26.79% 和 20.55%。

试验发现, 抗弯试验中浸渍量越大, 试件破坏时发出的声音增大, 并且断裂的单板层数增多。说明当单板浸渍量较小时 (<170%), 随着浸渍量的增加, 单板的密实化程度以及胶合强度随之增大, LVL 的力学性能提高; 当单板浸渍量较大时 (>170%), 单板内部空隙完全由 PF 树脂填充, 而树脂本身具有较大脆性, 致使树脂固化后浸渍单板脆性增加。因此, 采用 PF 树脂浸渍单板生产强化 LVL 时, 必须根据产品用途选择树脂浸渍量, 一般以 120%~170% 为宜。

3 结论

1) 常温常压下浸渍 2.0 mm 厚杨木单板, 随浸泡时间延长浸渍量增多, 但增长速度逐渐减小。浸渍量可以达到 110% 左右; 加压条件下可快速促进浸渍量的增加, 浸渍量可达 210% 左右。

2) 随着浸渍量的增加, 产品密度逐渐增大, TS 明显下降, MOE 和 MOR 也随之呈先增大后减小的趋势; 在浸渍量 168% 时, MOE 和 MOR 分别达到相关标准值。建议生产强化 LVL 时单板树脂浸渍量选择范围为 120%~170%。

3) 浸渍量与涂胶量相当时, 采用浸胶方式与涂胶方式生产的 LVL 相比: 密度相近; TS 下降了 21.76%; MOE 与 MOR 分别增大了 20.17% 和 44.74%。

参考文献:

- [1] 叶克林, 王金林. 人工林杨树木材的加工利用[J]. 木材工业, 2003, 17(1): 5-8.
- [2] 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.
- [3] Lloyd R A, Stamm A J. Effect of resin treatment and compression upon the weathering properties of veneer laminates[J]. Forest Prod J, 1985, 8 (8): 230-235.
- [4] Chui Y H, Schneider M H, Zhang H J. Effects of resin impregnation and process parameters on some properties of poplar LVL[J]. Forest Prod J, 1994, 44 (8): 74-78.
- [5] 张占宽, 刘君良. 密实型杨木单板层积材的制造工艺及应用前景分析[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(7): 15-17.
- [6] 王小青, 刘君良, 张双保, 等. 竹木复合单板层积材制备工艺[J]. 木材工业, 2005, 19(5): 7-9.

(责任编辑 姜征、赖威)