

应用技术

热处理纤维化杨木单板条制造重组材的性能

何文¹, 金辉², 田佳西², 李吉平², 张齐生¹

(1. 南京林业大学材料科学与工程学院, 南京 210037; 2. 南京林业大学生物与环境学院, 南京 210037)

摘要: 基于传统重组木和重组竹的制备技术, 利用中小径级速生杨木, 开发一种以热处理的纤维化杨木单板条制备重组材的工艺, 并检测重组材的物理力学性能。结果表明, 随着热处理温度的提高, 重组材的吸水性及吸水厚度膨胀率明显降低, 静曲强度和弹性模量略降, 硬度呈现微增。

关键词: 杨木; 纤维化单板条; 重组木; 热处理; 吸水厚度膨胀; 力学性能

中图分类号: S792.11; TS653 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2016) 03-0053-04

Properties of Scrimber Made with Heat-treated Crushed Poplar Strips

HE Wen¹, JIN Hui², TIAN Jia-xi², LI Ji-ping², ZHANG Qi-sheng¹

(1. College of Materials Science and Technology of Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. College of Biology and Environment of Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The authors developed a new kind of scrimber made with heat-treated crushed poplar strips. Properties of the scrimber were tested. The results showed that after heat treatment, the amount of free hydroxyl in the strips was reduced due to partial decomposition of hemi-cellulose. Water absorption, thickness swelling, modulus of rupture and modulus of elasticity of the scrimber all decreased significantly but hardness increased slightly.

Key words: poplar; crushed strips; scrimber; heat treatment; thickness swelling; mechanical properties

传统重组木制造工艺由澳大利亚学者提出, 利用小径级木材、枝丫材等, 以碾压加工的木束为基本单元^[1]。由于木束尺寸偏大、形态不规则、密度不均匀, 在重组木的加工过程中易出现施胶不均、铺装厚度不均匀等问题, 生产的产品亦存在翘曲、变形、跳丝、表面粗糙等缺陷^[2]。

新型重组木制造工艺, 由近年中国林科院木材工业研究所开发, 利用废单板或速生人工林资源, 以疏解加工的纤维化单板为基本单元, 集成厚单板

旋切、单板疏解处理、树脂浸入、功能化改性、铺装成型等多项技术, 解决了重组木单元制备的关键技术难题, 建立了新型重组木的产业化制造平台^[3-4]。

笔者综合传统与新型重组木制造技术, 开发出一种以宽度约 20 mm 的单板条为基本单元, 先进行疏解处理并联合高温热处理, 再经过浸胶、组坯热压成型的工艺制备重组木, 以期提高产品的尺寸稳定性和防腐防霉性能, 生产出高性能的户外用重组材, 进一步提升中小径级速生人工林木材的产品附加值。

收稿日期: 2015-06-17; 修改日期: 2016-04-11

基金项目: 苏北科技发展计划项目“杨木基聚苯胺电磁屏蔽材料的制备技术研究示范”(BN2014069)。

作者简介: 何文(1979—), 男, 南京林业大学材料科学与工程学院副教授, 博士。

1 试验材料与方法

1.1 材料

速生杨木(*Populus spp.*): 7~8年生, 产自江

苏泗阳, 单板厚度 1.5~3.0 mm, 气干密度 0.48 g/cm³;

酚醛树脂(PF)胶: 取自浙江某公司, 其主要性能指标为: 固体含量 26%, 黏度 25 mPa·s(25 ℃), pH 值 10.53。

1.2 主要设备

竹片疏解机, 预压机, 平板硫化机(900 mm×900 mm×4 mm), 木材热处理罐(DN 1 500×6 000)。

1.3 试验方法

1) 单板条制备与处理

将杨木单板裁切成宽度约 20 mm 单板条, 先通过竹片疏解机将其疏解成纤维网状结构, 再置于热处理设备中, 分别在温度 160、180、200 ℃, 蒸汽压力 0.2 MPa 的条件下处理 2 h。

2) 单板条浸胶

热处理后的单板条冷却至室温后, 含水率约 8%, 放入 PF 树脂溶液中浸渍 10~12 min, 然后在 70 ℃ 条件下干燥 2 h。干燥后单板条的浸胶量 14%~18%, 含水率 10%~12%。

3) 单板条组坯与热压

设定板坯密度 0.90 g/cm³, 尺寸为 400 mm(L)×300 mm(W)×10 mm(H), 将未经热处理和经过不同温度热处理的单板条, 按顺纹方向均匀铺装在模具中, 在预压机中预压 5 min 后, 再在平板硫化机中热压。设置热压温度 150 ℃, 时间 18 min, 单位压力 7.5 MPa。不同温度热处理单板条均压制 3 块试板, 试板平衡养生一周后进行性能检测。

1.4 性能检测

1) 物理力学性能

按照 GB/T 17657-2013《人造板及其饰面人造板物理力学性能试验方法》, 测试密度、24 h 吸水率、静曲强度、弹性模量和硬度等指标。试件规格及数量同 GB/T 17657-2013 规定。

由于产品目标用途是户外用材, 故测试沸水煮 2 h 后试件的吸水厚度膨胀率、吸水宽度膨胀率。每组 8 个试件, 试件尺寸: 50 mm(L)×50 mm(B)×10 mm(H)。

2) 傅里叶红外光谱分析

采用 Nicolet Impact 410 光谱分析仪, 测定热处理后纤维化单板条的红外光谱吸收峰的变化趋势。

将处理与热处理样品切成薄片, 再研磨成平均

直径 100 μm 的粉末, 与 KBr 粉末按 1:300 的质量比混合配成圆形小球。光谱扫描范围为: 500/cm⁻¹~4 000/cm⁻¹。

2 试验结果与分析

2.1 物理性能

1) 密度

用未经热处理的单板条压制重组木对照样, 以及 160、180、200 ℃ 热处理单板条压制重组木试板, 其密度实测值分别为: 0.8874、0.8862、0.8865、0.8870 g/cm³, 表明各处理条件下重组木试板之间的实际密度差异很小, 均接近目标密度。

2) 24 h 吸水率

未处理及不同温度热处理单板条压制重组木试板的 24 h 吸水率检测结果, 如图 1 所示。

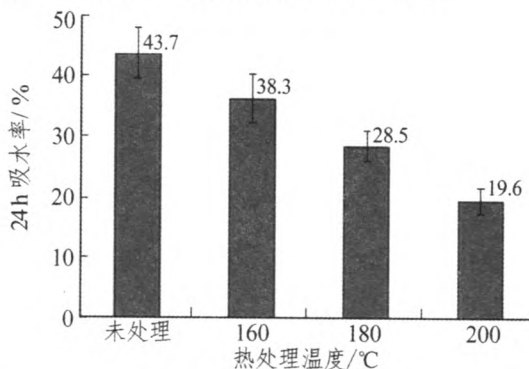


图1 未处理与热处理单板条压制重组木的 24 h 吸水率
Fig.1 24 h water absorption of scrimber made of untreated or heat-treated crushed strips

图 1 结果表明, 热处理单板条制备的重组木显示了较低的吸水率, 而且随着热处理温度的提高, 重组木的吸水率下降。其原因是随着热处理温度的升高, 木材中的半纤维素发生热解反应而含量逐渐减少, 单板条中亲水基团随之减少^[5]。

3) 2 h 沸水吸水厚度/宽度膨胀率

未处理及不同温度热处理单板条压制的重组木试件, 经沸水煮 2 h 后, 其吸水宽度和厚度膨胀率的检测结果, 如图 2 所示。

图 2 显示, 经过热处理, 试板的吸水厚度膨胀率和吸水宽度膨胀率均明显降低; 而且, 随着热处理温度的升高, 吸水厚度膨胀率与宽度膨胀率逐渐下降。主要原因也是高温处理导致木材中的游离羟基数量减少, 木材吸水性降低^[5-6]。

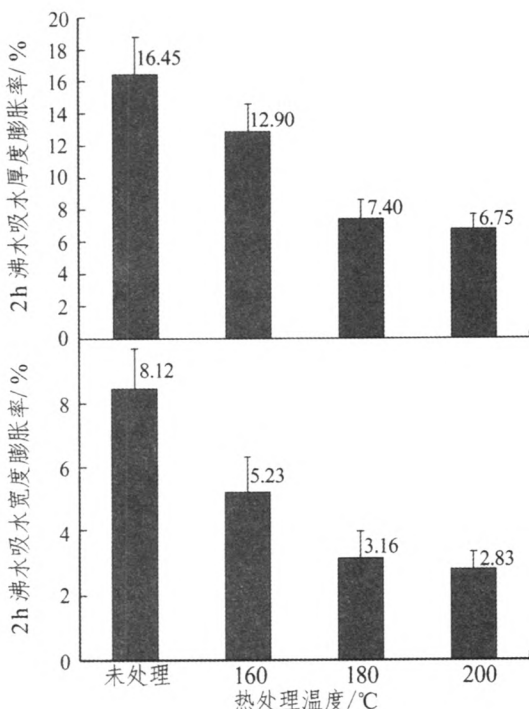


图2 未处理与热处理单板条压制重组木的
2 h沸水吸水厚度/宽度膨胀率

Fig.2 2 h boiling water thickness/width swelling of scrimber made from untreated or heat-treated crushed strips

根据户外重组竹材国家标准（报批稿）规定，户外重组竹产品的2 h吸水厚度膨胀率和宽度膨胀率分别为不高于8.0%和3.0%，本试验制备的热处理纤维化杨木单板条重组木的相关性能，可以满足此标准要求。

2.2 力学性能

未处理及不同温度热处理单板条压制重组木试板，其静曲强度、弹性模量和硬度的检测结果，如图3所示。

图3显示，经过热处理后，重组木的静曲强度和弹性模量均有一定程度的下降。原因是半纤维素通常在150℃左右容易开始发生热解反应，而半纤维素在木材细胞壁中起填充与部分胶着作用，因此，随着半纤维素数量的减少，重组木试板的静曲强度和弹性模量逐渐下降^[7-8]。

经过热处理后，重组木的硬度均略有增加。主要是由于木材内部自由羟基减少后导致吸湿性降低，使聚合物分子链间结合更加紧密，纤维素分子在较低的温度水平下也开始重新排列，增加了木材的结晶度，最终导致试件硬度增强^[7-9]。

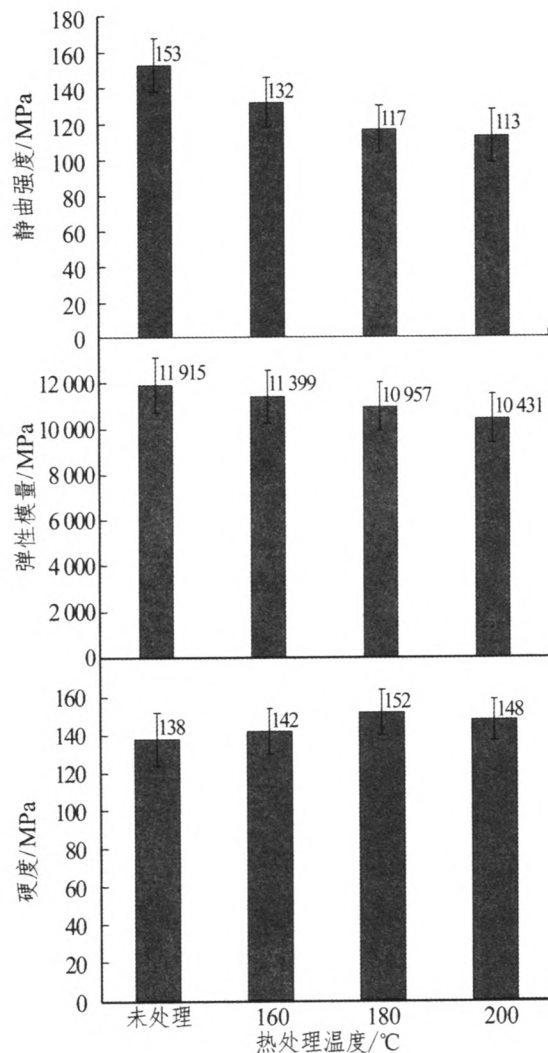


图3 未处理与热处理单板条压制重组木的
静曲强度、弹性模量和硬度

Fig.3 Modulus of rupture, modulus of elasticity and hardness of scrimber made of untreated or treated crushed strips

值得注意的是，当纤维化单板条经200℃处理后，重组木的硬度增加值相对降低。这是由于温度的进一步升高，使木材中的羟基数量进一步减少，最终导致木材结晶度相对增加值降低，因而重组木的硬度增加值有所降低^[8]。

2.3 傅里叶红外光谱分析

如图4所示，未处理纤维化单板条的FT-IR曲线在3 435 cm⁻¹、2 918 cm⁻¹附近出现明显的吸收峰，分别归因于木材中碳水化合物里的羟基和亚甲基振动引起。在1 734 cm⁻¹处的吸收峰，主要是由脂肪族长链上的羰基引起；与之相邻的1 632 cm⁻¹和1 510 cm⁻¹两个峰，则归因于芳香环骨架C=C键的

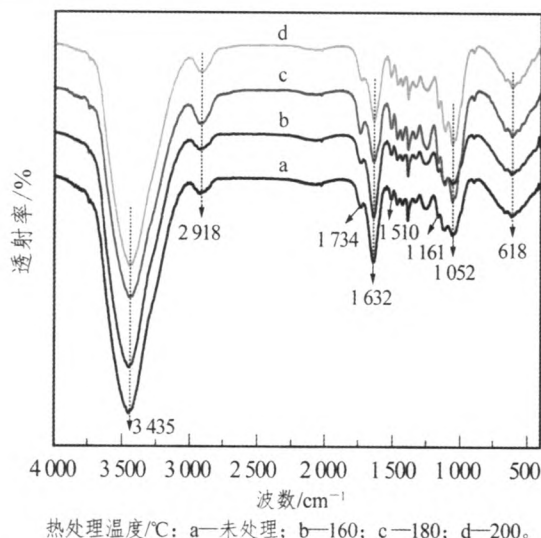


图4 未处理与热处理单板条的傅里叶红外光谱特征

Fig.4 FT-IR curves of untreated and treated crushed strips under different temperature

振动; 1161 cm^{-1} 附近的峰, 主要由多糖分子单元间的 C-O-C 键引起; 在 1052 cm^{-1} 处的吸收峰, 是由多糖分子中的 C-O 伸缩振动引起^[10]。

当纤维化单板条经过热处理后, 随着热处理温度的升高, FT-IR 曲线在 3435 cm^{-1} 附近的吸收峰强度逐渐减弱, 说明木材中游离羟基—OH 的浓度逐渐降低; 在 1733 cm^{-1} 附近吸收峰的相对高度亦下降, 热处理降低了木材中 C=O 的浓度, 由于半纤维素在酸性条件下发生了水解反应, 乙酰基从分子链上断裂生成乙酸, 而乙酸又对水解过程起到了催化作用; 在 1632 cm^{-1} 附近的吸收峰强度也有一定程度的减弱, 归因于木材中的吸着水的减少而引起^[8]。然而, 在 1052 cm^{-1} 附近的吸收峰强度逐渐增大、吸收峰的突起程度增加, 这是由于木材纤维素与半纤维素中氢键浓度的变化而引起。

3 结论

1) 杨木纤维化单板条经过热处理, 制备重组木的 24 h 吸水率和 2 h 沸水吸水厚度、宽度膨胀率降低, 静曲强度和弹性模量有一定程度下降, 而硬度略增, 尤其当纤维化单板条热处理温度为 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 重组木显示了相对较高的硬度;

2) FT-IR 曲线特征显示, 经过热处理, 杨木单板条中部分半纤维素发生热降解, 游离—OH 的数量减少;

3) 热处理对纤维化杨木单板条重组木的防霉、防腐性、抗白蚁能力、阻燃性等性能的影响, 有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 王恺, 肖亦华. 重组木国内外概况及发展趋势[J]. 木材工业, 1989, 23(1): 40-43.
- [2] 马岩. 重组木技术发展过程中存在的问题分析[J]. 中国人造板, 2011, 18(2): 1-5.
- [3] 余养伦, 于文吉. 新型纤维化单板重组木的主要制备工艺与关键设备[J]. 木材工业, 2013, 27(5): 58-61.
- [4] 于文吉, 余养伦. 我国木、竹重组材产业发展的现状与前景[J]. 木材工业, 2013, 27(1): 5-8.
- [5] 李惠明, 陈人望, 严婷. 热处理改性木材的性能分析[J]. 木材工业, 2009, 23(2): 43-45.
- [6] MARKKU R. Wood heat treatment replacing chemicals[J]. Asian Timber, 2004, 12(3): 36-38.
- [7] Norimoto M. Wood bending by microwaves[J]. Wood Research, 1979(14): 13-25.
- [8] Wang J Y, Cooper P A. Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood[J]. Holz RohWerkst, 2005, 63(6): 417-422.
- [9] 金维洙, 马岩, 刘伟, 等. 不同树种构成的重组木力学性能的试验研究与分析[J]. 林产工业, 1998, 12(1): 24-26.
- [10] 李惠明, 陈人望, 严婷. 高温热处理木材性能测试研究[J]. 中国木材保护, 2009, 25(1): 13-20.

(责任编辑 向琴)

行业简讯

2015 我国家具生产与出口稳步增长

据国家统计局统计, 截止到 2015 年末, 我国家具行业规模以上企业有 5 290 家, 2015 年累计主营业务收入 7 872.5 亿元, 同比增长 9.29%; 累计利润总额 500.86 亿元, 同比增长 14.03%; 累计产量 76 961.32 万件, 同比增长 0.38%; 累计固定资产投资额 2 881.83 亿元, 同比增长 17.7%。

2015 年, 全国家具进出口情况:

累计出口额为 542.83 亿美元, 同比增长 1.62%, 保持稳定;

累计进口家具额为 25.08 亿美元, 同比下降 10.57%, 是所有指标中, 唯一负增长的指标。

本刊摘编