

应用技术

浸注-热处理联合改性橡胶木的力学和防白蚁性能评价

秦韶山, 李晓文, 李家宁

(中国热带农业科学院橡胶研究所; 国家重要热带作物工程技术研究中心, 海南儋州 571737)

摘要: 为了改进热处理对木材强度造成损失的不足, 并提高木材的抗白蚁蛀蚀能力, 先用树脂浸注处理、再进行热处理的方法, 对橡胶木进行改性。试验结果表明: 与单一热处理相比, 浸注-热处理联合改性材的 MOE、MOR 和硬度明显增加, 抗白蚁能力提高。

关键词: 橡胶木; 联合改性; 浸注树脂; 热处理; 力学性能; 防白蚁性能

中图分类号: S781.2; S781.52; TS652 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2014)05-0048-03

Mechanical Properties and Termite Resistance of Rubberwood Treated with Resin Impregnation and Heat

QIN Shao-shan, LI Xiao-wen, LI Jia-ning

(Rubber research institute; CATAS/ State Engineering and Technology Research Center for Key Tropical Crops, Danzhou 571737, Hainan, China)

高温热处理技术可使木材的尺寸稳定性和耐腐蚀性能大幅提高, 但是, 笔者在橡胶木热处理工艺的前期研究中发现, 橡胶木热处理后强度损失严重。并且, 热处理并不能改善橡胶木的抗白蚁蛀蚀能力, 甚至使更易被蚁蛀^[1-2], 限制了橡胶木在室内、户外等领域的使用, 特别是广东、广西和海南等白蚁活动频繁的地区。

鉴于此, 为改善热处理橡胶木的性能, 本研究以人工林橡胶树(*Hevea brasiliensis*)木材为试材, 采用先对其进行树脂浸注处理, 再进行高温热处理的方法, 以期达到降低热处理木材强度损失和提高其防白蚁蛀蚀能力的目的, 为拓宽橡胶木热处理材的应用领域提供技术依据。

收稿日期: 2013-11-20; 修改日期: 2014-07-23

基金项目: 海南省重点科技计划项目“橡胶木超高温热处理生产炭化木研究与示范”(ZDXM20100019); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项资金项目“低分子量 MUF 树脂浸渍增强改性橡胶木技术研究”(1630022013005)。

作者简介: 秦韶山(1983—), 男, 中国热带农业科学院橡胶研究所助理研究员。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 试材

橡胶树, 采自海南儋州, 胸径约 35~40 cm, 试材(取自树木 1.3 m 以上)干燥至含水率 12%~15%, 四面刨光, 制取无黑疤、黑线和节子及干燥缺陷的径切板。

每张径切板截成 3 块试件, 规格(长×宽×厚) 320 mm×130 mm×22 mm, 分别用于对照未处理、单一热处理和浸注-热处理, 共计 18 个试件。

2) 树脂

水溶性三聚氰胺-尿素-甲醛(MUF)树脂, 浸注处理用, 自制, 固体含量 51%, 密度 1.2 g/cm³, 黏度 32 mPa·s(25 ℃), pH 值 8.0。将树脂稀释至固体含量 25%后备用。

1.2 试验装置

小型木材真空加压处理罐、小型常压蒸汽炭化箱、电子万能力学试验机、电热鼓风干燥箱、恒温恒湿箱等。

1.3 试验方法

1.3.1 浸注处理

参照常规橡胶木防腐处理生产工艺,设定浸注工艺参数:将试样放入钢槽,上端压置重物,使试样完全浸没于处理液中,钢槽置于真空处理罐中,抽至真空度 0.08 MPa,保持 15 min。

解除真空后再加压至 1.0 MPa,保持 45 min 后解除压力,取出试样,干燥至含水率 12%~15%。共处理 6 个试样,增重率为 20%~24%。

1.3.2 热处理

前期研究发现,在 200 ℃下处理 3 h 的橡胶木色泽典雅悦目,类似柚木,因此,本研究设定以过热蒸汽为传热介质和保护气体,最高处理温度 200 ℃,保持 3 h,然后降温并喷蒸汽调湿,待温度降至 50 ℃左右,取出试样。

1.4 性能检测

1) 力学性能

试件在 20 ℃、相对湿度 65%条件下处理 4 周,进行力学性能测试。

参照 GB/T 1936.2-2009《木材抗弯弹性模量测定方法》和 GB/T 1936.1-2009《木材抗弯强度试验方法》,测量弹性模量(MOE)和抗弯强度(MOR),每个处理条件 20 个试件;

参照 GB/T 1941-2009《木材硬度试验方法》测定硬度,每个处理条件 10 个试件。

2) 防白蚁性能

参照 GB/T 13942.2-2009《木材耐久性能 第 2 部分:天然耐久性野外试验方法》,进行野外埋地试验,检测试件的防白蚁蛀蚀能力,每个处理条件 10 个试件。

前期预试验结果表明,热处理材受白蚁蛀蚀的速度和程度,远远大于腐朽菌,因此,本试验以蚁蛀完好指数来评价试样的防白蚁蛀蚀能力,忽略腐朽菌对试样的影响。蚁蛀完好指数按照公式(1)进行计算:

$$I = \sum(fy) / \sum f \quad (1)$$

式中: I —经 n 年检测时试样的平均蚁蛀完好指数; f —每一级别的试样数; y —白蚁蛀蚀的分级值。

2 结果与分析

为深入探究 MUF 浸注处理的效果,测定了未处

理材、热处理材、浸注-热处理联合改性材的性能,结果如表 1、2 所示。

2.1 力学性能

表 1 联合改性材、热处理材和对照材的力学性能

Tab. 1 Mechanical properties of treated and control samples

试样类别	MOE/ MPa	MOR/ MPa	表面硬度/ MPa
对照未处理材	7434.0 a±1078.0	85.6 a±7.5	29.6 a±5.8
单一热处理材	7446.4 a±1160.9	55.9 b±5.3	22.9 b±1.6
联合改性处理材	7839.7 a±847.5	66.1 c±5.3	44.4 c±3.9

注:“±”后的数值为标准差;相同字母表示不同处理间差异不显著,不同字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

1) MOE

从表 1 看出,相比未处理材,热处理材和联合改性处理材的 MOE 均有增加,尤其是联合改性材的 MOE 明显增加。显著性分析表明,三种试样的 MOE 差异不显著,说明单一热处理、浸注后再热处理,均未对 MOE 产生显著影响。

2) MOR

由表 1 可知,两种处理材的 MOR 下降,但是联合改性处理材的 MOR 下降幅度明显低于单一热处理材,显著性分析表明:热处理对 MOR 有显著影响;且两种处理材的 MOR 差异显著,说明树脂浸注处理可显著提高热处理材的 MOR。

3) 硬度

表 1 显示,与未处理材相比,热处理材的硬度明显降低;显著性分析表明,热处理材与未处理材的硬度差异显著,说明热处理对表面硬度有显著影响。联合改性处理材的表面硬度大幅提高,且与未处理材和单一热处理材的表面硬度差异显著,说明树脂浸注处理对热处理橡胶木的表面硬度有明显增强作用。

热处理对木材 MOE 的影响变化不定,主要是由不同工艺、树种、处理温度和时间引起的,但对木材 MOR 则有明显的降低作用。半纤维素在细胞壁中起填充与粘结作用,赋予木材强度。在热处理过程中的低温阶段,大量半纤维素先发生降解反应,脱乙酰基生成乙酸等有机酸,同时酸性条件又催化了半纤维素链之间发生缩聚反应,生成单糖、糠醛等醛类物质,半纤维素的降解和损失,导致木材的 MOR 和硬度降低^[3-4]。

随着热处理温度的上升,在水分和酸性条件下,部分纤维素也发生水解和热解,并伴有酯化反应,造成纤维素大分子链断裂,聚合度降低,结晶度下降。由于纤维素在细胞壁中起骨架物质作用,因此,纤维素的降解,是木材热处理后强度损失的又一主要原因。

温度继续升高,半纤维素热解程度更剧烈,使木质素与纤维素之间的连接变弱,引起微纤丝与纤维素骨架发生滑动。同时,木质素分子链上的醚键和醛基等发生断裂,亦对木材硬度和 MOR 造成负面影响^[5-6]。

与单一热处理材相比,联合改性处理材的 MOE 增加,MOR 和硬度大幅提高。分析原因,可能在于部分树脂进入木材细胞壁中,与细胞壁物质产生化学结合。同时在高温作用下,树脂分子之间的自聚程度加剧,聚合度增加;树脂分子中的活泼基团与木材中氢键结合。此外,由于大部分树脂充填于导管、细胞腔和细胞间隙中,使得木材密度增加^[7-8]。

2.2 防白蚁性能

表 2 联合改性材、热处理材和对照材的防白蚁性能

Tab. 2 Termite resistance of treated and control samples

试样类别	蚁蛀完好指数		
	6 个月	12 个月	18 个月
对照未处理材	7.2 a±1.6	0±0	0±0
单一热处理材	0 b±0	0±0	0±0
联合改性处理材	9.6 c±0.6	8.2±1.3	5.4±1.3

表 2 数据显示,经过 6 个月的野外埋地试验,单一热处理材全部试件被白蚁蛀断,说明热处理后的橡胶木更易遭受白蚁蛀蚀;联合改性处理材的蚁蛀完好指数,明显高于未处理材。

显著性分析表明:联合改性处理材与未处理材、单一热处理材的完好指数差异显著,说明热处理明显降低了橡胶木的防白蚁性能,树脂浸注处理对热处理橡胶木的防白蚁性能有显著增强作用。

12 个月,未处理材的全部试件已被白蚁蛀断,而联合改性处理材的完好指数比 6 个月时有所下降,但依然较高;18 个月,完好指数继续下降,但仍然未被蛀断。

分析原因,纤维素是白蚁的主要营养物质,木材热处理使纤维素发生热解,结晶度降低,白蚁更容易

蛀蚀。另外,纤维素和半纤维素在热解过程中,生成了大量的低聚糖和单糖物质,也为白蚁提供了营养物质^[9]。

树脂浸注处理后,由于树脂进入木材中,填充了木材孔隙,使木材密度升高,增大了白蚁蛀蚀木材的难度;另外,MUF 树脂自身的化学成分对白蚁有一定的驱避作用。

3 结论

1) 与未处理材及单一热处理材相比,橡胶木经 MUF 树脂浸注后,再进行热处理的联合改性,其 MOE、MOR 和硬度均增加;防白蚁能力显著增强。

2) 采用 MUF 树脂浸注-热处理法联合改性橡胶木,其性能是否满足户外接地条件使用要求,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 秦韶山,李家宁,李民,等. 处理温度对高温热改性橡胶木物理力学性能的影响[J]. 热带作物学报, 2011, 32(3): 1-7.

[2] 李晓文,李民,秦韶山,等. 高温热改性橡胶木的生物耐久性[J]. 林业科学, 2012, 48(4): 108-112.

[3] Poncsak S, Kocaefe D, Bouazara M. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*) [J]. Wood Sci Technol, 2006, 40: 647-663.

[4] Esteves B, Velez M A, Domingos I, et al. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood [J]. Wood Sci Technol, 2007, 41: 193-207.

[5] Sundqvist B, Karlsson O, Westermark U. Determination of formic acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hadness [J]. Wood Sci Technol, 2006, 40: 549-561.

[6] Boonstra M J, Van Acker J, Tjeerdsmas B F, et al. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents [J]. Ann For Sci, 2007, 64: 679-690.

[7] Troughton G E, Chow S Z. Evidence for covalent bonding between melamine-formaldehyde glue and wood. Part I. Bond degradation [J]. J Inst Wood Sci, 1968, 21: 29-33

[8] Furuno T, Imamura Y, Kajita H. The modification of wood by treatment with low molecular weight phenol-formaldehyde resin: a properties enhancement with neutralized phenolic-resin and resin penetration into wood cell walls [J]. Wood Sci Technol, 2004, 37(5): 349 - 361.

[9] 许利霞. 四种白蚁纤维素酶活性的初步研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.

(责任编辑 张一萍)