

研究与开发

增强-阻燃处理改善柳杉木材的性能研究

王明^{1,2}, 刘君良^{2,3}, 柴宇博^{2,3}, 高建民¹

(1. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091;
3. 中国林科院林业新技术研究所, 北京 100091)

摘要: 采用不同质量分数的低分子量三聚氰胺-脲醛树脂(MUF), 及其与硼酸、硼砂复配的改性液, 分别对柳杉木材进行浸渍处理。结果表明: 树脂溶液和复配改性液均对木材具有良好的渗透性, 且木材增重率随改性液质量分数的增大而增加, 两种改性液均能有效提高柳杉的物理、力学和阻燃性能。

关键词: 柳杉; 三聚氰胺-脲醛树脂; 硼酸; 硼砂; 改性

中图分类号: TU545; TS66 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)04-0015-03

Properties of *Cryptomeria Fortunei* after Strengthening-Inflaming Retarding Treatment

WANG Ming^{1,2}, LIU Jun-liang^{2,3}, CHAI Yu-bo^{2,3}, GAO Jian-min¹

(1. College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;
3. Research Institute of Forestry New Technology, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors tested the physical and mechanical properties and fire resistance of *Cryptomeria fortunei* boards following impregnation with melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin and a mixture of MUF/boric acid/borax (MBB). Results showed that by increasing the concentration of the MUF and MBB solutions, the weight, bending strength, modulus of elasticity, modulus of rupture, dimensional stability and fire resistance of treated wood were improved.

Key words: cryptomeria fortunei; melamine-urea-formaldehyde resin; boric acid; borax; modification

柳杉(*Cryptomeria fortunei*)是我国南方亚热带省份的主要造林树种之一,第六次全国森林资源清查结果显示,我国现有柳杉资源23.3万hm²,蓄积量达到2 056万m³,仅四川省就达1 534万m³[1-2]。

由于柳杉木材密度小、材质软、强度低等缺陷,限制了其在建筑材料和家具制造方面的应用,目前多数用于实木复合门的芯板和室内装修等,产品附加值低。加之近年来国家对建筑和装修所用木质材料阻

燃性能的要求提高,使得柳杉木材的应用范围越趋狭窄。因此,为了充分利用人工林柳杉资源,需开发相应的改性技术。

根据已有研究,采用水溶性树脂溶液浸渍处理木材,可以改善软质木材的物理力学性能[3-4],在此基础上,将树脂溶液与阻燃剂复配,进而提高木材的耐燃性能[5-6]。本研究采用低分子量三聚氰胺-脲醛树脂,及其与硼酸、硼砂配制的复合改性液,分别对人工林柳杉木材进行真空加压浸渍处理,着重考察不同配比的改性剂,对柳杉木材物理力学性能和阻燃性能的影响,以期拓展和推广人工林木材增强-阻燃处理技术,提供技术依据。

收稿日期: 2011-01-24; 修改日期: 2011-06-09

基金项目: 农业科技成果转化资金项目(2009GB24320472); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFINT2009K03)。

作者简介: 王明(1986—),男,北京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 柴宇博,男,中国林科院木材工业研究所助理研究员。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 柳杉,取自四川洪雅县,共 15 株,树龄 20—25 年,平均树高 18 m,直径 25~30 cm,气干密度 0.327 g/cm³。试件规格(纵向×弦向×径向)400 mm×40 mm×40 mm,含水率 8%。

2) 三聚氰胺-脲醛(MUF)树脂,自制,三聚氰胺、甲醇、甲醛、尿素物质的量比为 1:2.48:2.3:1。技术指标:黏度 24 mPa·s,固体含量 52.3%,密度 1.176 g/cm³,pH 值 10.5~11.0。质量分数分别为 10%、20%、30%,备用。

硼酸、硼砂,分析纯,外购。在 3 种质量分数的 MUF 树脂中,硼酸、硼砂加入量均为 2.5%,配制复合改性液。

1.2 处理工艺

采用真空浸渍加压处理法,将试材置于密闭处理罐中,先抽真空至 -0.095 MPa,保持 30 min;将药液注入处理罐中,解除真空后,向罐内施加压力 0.6 MPa,2 h 后卸压取出试材。

对处理材进行干燥处理:40~60 ℃下,处理 3 d;然后将温度升高到 70~80 ℃,处理 2 d;最后将温度升至 100 ℃,干燥 1 d。终含水率 8%,干燥完成后计算试材的增重率,每种处理条件的试材 15 个。

1.3 性能检测

1) 尺寸稳定性 按照 GB/T 1934.2-2009《木材湿胀性测定方法》,检测试材的体积湿胀率和吸湿率,并计算木材的抗胀率(ASE)和阻湿率(MEE)。

$$ASE = \frac{S_c - S_T}{S_c} \times 100\% \quad (1)$$

$$MEE = \frac{M_c - M_T}{M_c} \times 100\% \quad (2)$$

式中:ASE—抗胀率,%;S_c—未处理材的体积湿胀率,%;S_T—处理材的体积湿胀率,%;MEE—阻湿率,%;M_c—未处理材的吸湿率,%;M_T—处理材的吸湿率,%。

2) 力学性能 分别按照 GB 1936.1-2009《木材抗弯强度试验方法》和 GB 1936.2-2009《木材抗弯弹性模量试验方法》,测定试材抗弯强度、弹性模量。

3) 阻燃性能 按照 GB/T 2406-2009《塑料用氧指数法测定燃烧行为》,测定试材的氧指数。

2 结果与分析

处理前后柳杉木材的性能检测结果,列于表 1。

• 16 •

表 1 改性处理前后柳杉木材的性能

Tab. 1 Properties of samples before and after being treated

改性液质量分数/%	增重	MOR/	MOE/	阻湿	抗胀	氧指
MUF	率/%	MPa	GPa	率/%	率/%	数/%
0	0	56.2	8.6			26.2
10	0	26.4	85.9	10.8	43.5	36.6
20	0	56.0	95.2	11.5	52.4	50.9
30	0	76.5	96.1	12.2	61.2	58.8
10	5	41.6	67.5	12.5	26.9	34.4
20	5	70.5	74.4	14.0	38.9	49.3
30	5	101.5	82.6	14.1	44.0	57.2
						62.5

1) 改性液对柳杉木材增重率的影响

由表 1 可以看出,随着 MUF 树脂质量分数的增加,处理材的增重率亦逐渐上升;添加硼酸和硼砂后,试材的增重率显著提高。说明加入阻燃剂,并不影响改性液对木材的渗透,阻燃剂与树脂在干燥过程中一起固化于木材内部。

2) 改性液对柳杉木材力学强度的影响

表 1 显示,与素材相比,MUF 树脂处理材和复配改性液处理材的 MOR 和 MOE 均大幅提高,并表现出随树脂处理液质量分数增大而上升的趋势。经复配改性液处理后,试材的 MOR 较素材,仅提高了 20%~47%,低于单独使用 MUF 树脂处理试材的增幅(53%~71%);MOE 比素材提高 45%~64%,比单独使用树脂改性液处理时提高 26%~42%。

分析原因,硼酸促进了 MUF 树脂的固化,使其在木材内部形成更多的团状物和链状物,在木材的弹性限度范围以内,团状物或链状物对试材 MOE 的提高具有正效应;而测试木材 MOR 时,施加的外力远远超过了木材的弹性限度范围,此时,硼酸、硼砂使木材强度降低的作用更加显著^[7-8]。

3) 改性液对柳杉木材尺寸稳定性的影响

从表 1 可知,处理材的阻湿率和抗胀率,均随着 MUF 树脂质量分数的增加而提高,经 20%和 30% MUF 树脂处理的柳杉木材,阻湿率和抗胀率均达到 50%以上。但添加硼酸、硼砂后,处理材的阻湿率和抗胀率有所降低,其中抗胀率受影响较小。

可能是因为低分子量的 MUF 树脂渗透到木材的细胞腔、细胞壁中,固化后在细胞腔中形成的团状物,及在细胞壁中形成内覆盖膜结构,抑制了木材对水分的吸收;树脂中含有的疏水性基团与木材细胞壁纤维素中的游离羟基置换,减少了木材亲水基团,从而提高了处理材的阻湿率和抗胀率。在本试验范围内,MUF 树脂的质量分数愈大,单位体积木材含有的树脂量愈多,处理效果愈好。

由于硼酸和硼砂具有较强的吸湿性,与树脂复配后,使试材的阻湿率和抗胀率略有降低,但对试材抗胀率的影响不大,可能是因为固化在木材内部的树脂,对木材具有固定和支撑作用,即使硼酸、硼砂吸收了水分,但木材膨胀变形量很小。

4) 改性液对柳杉木材阻燃性能的影响

表1证明,MUF树脂处理材的氧指数,比素材提高了57%~79%;经过复配改性液处理后,试材的氧指数比未处理材提高了约1.3倍,且均表现出随MUF质量分数的提高而逐渐增大的趋势。

其原因是MUF树脂中的三聚氰胺属于氮系阻燃剂,强热(250~450℃)时分解,吸收大量的热,并放出 N_2 等不可燃气体^[9],从而使得MUF树脂具有阻燃性;硼酸是一种抗阴燃剂,硼砂可延迟火焰的传播^[10],两者的混合物兼具气相及凝聚相阻燃作用,添加到MUF树脂中后,使其阻燃功能进一步加强。

3 结论

1) MUF树脂溶液及其与硼酸、硼砂混合制成的复配改性液,均对柳杉有良好的渗透性,在相同的浸渍处理工艺条件下,柳杉的增重率随MUF树脂质量分数的增大而增加。

2) 柳杉木材经MUF树脂溶液及其复配改性液处理后,其MOR和MOE明显提高,复配改性液中的硼酸、硼砂对试材的MOE有增强作用。

3) 试材的阻湿率和抗胀率,随MUF树脂质量分数的提高,均呈现上升的趋势;但单独使用MUF树脂溶液处理效果,优于添加阻燃剂的复配改性液。

4) 经MUF树脂溶液处理后,试材的阻燃性明显提高,经复配改性液处理后,试材的阻燃性能得到

进一步增强。

5) 综合考虑处理材的各项指标,建议采用质量分数为30%的MUF树脂和5%的阻燃剂的复配改性液,对木材进行性能改良处理。

参考文献:

- [1] 国家林业局森林资源管理司. 全国森林资源统计(1999-2003)[M]. 北京, 2005.
- [2] 王江, 刘军, 黄永强, 等. 柳杉起源及天然分布[J]. 四川林业科技, 2007, 28(4): 92-94.
- [3] 刘君良, 王玉秋. 酚醛树脂处理杨木、杉木尺寸稳定性分析[J]. 木材工业, 2004, 18(6): 5-8.
- [4] T Furuno, Y Imamura, H Kajita. 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 Science and Technology, 2004, 37(5): 349 - 361.
- [5] 李淑君, 金钟跃, 方桂珍. 低分子量酚醛树脂与阻燃剂复配改性大青杨木材的研究[J]. 木材工业, 2000, 14(6): 15-17.
- [6] 时尽书, 李建章, 周文瑞. 脲醛树脂与纳米二氧化硅复合改善木材性能的研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(2): 123-128.
- [7] T Furuno, K Shimada, T Uehara. Combination of wood and silicate II: water mineral composites using water glass and reactants barium chloride, boric acid and borax and their properties[J]. Mokuzai gakkaiishi, 1992, 38 (5): 448-457.
- [8] 廖红霞, 刘磊, 谢桂军, 等. SBB防护剂处理木材湿胀性、力学性能及阻燃性能等效果的研究[J]. 广东林业科技, 2008, 24(1): 22-25.
- [9] 欧育湘, 李建军. 阻燃剂-性能、制造及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 243-244.
- [10] E Baysal. Determination of oxygen index levels and thermal analysis of scots pine impregnated with melanime formaldehyde-boron combinations[J]. Journal of Fire Sciences, 2002, 20(5): 373-389.

(责任编辑 张一萍、姜征)

行业简讯

美甲醛标准影响我国木制家具出口

美国《复合木制品甲醛标准法案》于2011年1月3日正式生效,大幅提高了在全美销售和批发的刨花板、中纤板、胶合板等复合木制品的甲醛释放量要求,并显著高于目前我国及其他国家的标准。

以刨花板为例,该法案规定,自2011年1月3日—6月30日的第一阶段,其甲醛释放量不得超过0.18 mg/L(0.18 ppm);而从2011年7月1日起(第二阶段),该数值将降至0.09 mg/L(0.09 ppm)。

因美国甲醛标准要求限量标准提高,将使我国木

制品、木家具出口企业生产成本和检测成本提高,进口国口岸通关时间延长,且有可能被国外通报,甚至退运召回。

相关出口企业应密切关注美国新限令的最新动态,做好应对工作。如及时调整生产工艺,按新法规要求组织生产;建立健全木制品原辅料采购验证制度,从源头把好限量关;建立并完善质量管理体系和出口木制品有毒有害物质自检自控体系,以适应进口国的相关法规要求。

摘自广东家具网