

研究与开发

人工林软质木材表面密实化新技术^{*}

刘君良¹, 江泽慧¹, 许忠允², 沈德君³

(1. 中国林业科学研究院, 北京 100091; 2. 美国农业部林务局南方研究站, Pineville, LA 71360; 3. 北华大学林业工程学院, 吉林 132011, 吉林)

摘要: 采用一种新型木材改性处理剂, 分别以改性异氰酸酯浓度 5%、10%、15%、20%, 对美国人工林火炬松(*Pinus taeda*) 进行表面密实化处理。结果表明, 随着树脂浓度的增加, 无论是冷水浸泡还是煮沸, 木材的吸水厚度膨胀率和压缩变形恢复率明显降低。表面密实化后, 火炬松处理材的 MOR 和 MOE 值分别比素材提高 43.9% 和 30.1%; 水浸 24 h 和煮沸 2 h 后的湿状抗弯性能比素材略低, 干状抗弯性能明显比素材高, MOR 分别高 28.0% 和 25.76%; MOE 分别高 22.55% 和 27.79%。改性异氰酸酯浸渍处理后的表面密实化木材, 具有一定的阻燃效果; 表面耐磨耗性能和表面硬度亦明显改善。

关键词: 人工林木材; 表面密实化; 处理材; 浸渍树脂

中图分类号: S791.255, S781.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2002)01-0020-03

New Technology on Surface Compression of Plantation Softwood

LIU Jun-liang¹, JIANG Ze-hui¹, HSE Chong-yun², SHEN De-jun³

(1. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Southern Research Station of U. S. F. S. Pineville, LA 71360, USA; 3. Beihua University, Institute of Forestry Engineering, Jilin 132011 Jilin, China)

Abstract: The plantation wood of *Pinus taeda* was compressed on the surface with a new improved treatment technology. Results showed that with the increase of modified methane diisocyanate concentration, the increase of weight percent gain (WPG) and the decrease of thickness swelling and compressive deformation recovery efficiency were remarkably. The modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) properties of surface compressive wood were increased by 43.9% and 30.1% compared with the control specimen respectively. Surface-compressed wood had much improved fire retardant effect, abrasion resistance and surface hardness.

Key words: Plantation wood; Surface compression; Treated wood; Impregnation resin

近年来, 随着木材工业的发展和木材软化新技术的出现, 开发木材加工和综合利用新技术的研究在国际上发展迅速^[1], 尤其是人工林软质木材的表面密实化加工显得更加突出^[2], 压缩整形木, 压缩木, 木材横纹压缩变形的固定等研究课题被广泛研究并取得一定进展^[3~9]。我国学者也相继提出了对杨木、柳杉、马尾松等质软、密度低、加工工艺性能差的木材进行功能性改良^[10~15]。可以预测, 木材表面密实化处理技术, 将成为 21 世纪木材特种加工、木材综合利用及创新型木材的主要技术之一。

1 试验材料和方法

(1) 试验材料 火炬松(*Pinus taeda*), 采自美国林务局南方实验站国有林场, 树种采集和试件加工均按照美国标准 ASTM D1037-99 进行。

(2) 试件尺寸

检测厚度膨胀率和压缩变形恢复率: $2.5 \times 0.8 \times 0.5$ ($L \times T \times R$, 英寸);

抗弯强度(MOR)和抗弯弹性模量(MOE): $14 \times 0.8 \times 0.5$ ($L \times T \times R$, 英寸);

硬度和耐磨耗度: $\phi 10$ cm、厚 0.5 英寸的圆盘。

(3) 试验药品 改性异氰酸酯树脂。

(4) 试验方法 先在常温常压下浸渍处理, 然后进行热压。热压温度 180 °C, 压力 10 MPa, 时间 10~

收稿日期: 2001-06-05

^{*} 该项研究正在美国申请专利。

第一作者: 刘君良(1961-), 男, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士。

15 min,处理材的厚度由厚度规控制。

(5) 性能检验 分别测量不同浸渍时间、树脂不同浓度和不同压缩率时处理材的物理力学性能指标。改性后处理材的吸水厚度膨胀率和压缩变形恢复率的测定,分别在冷水浸泡 24 h 和煮沸 2 h 后进行,测量其湿状态、干状态的厚度膨胀率和压缩变形恢复率。计算公式为:

吸水厚度膨胀率= $\frac{T_r-T_c}{T_c}\times 100\%$;

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

式中; T_c —压缩后的厚度;
 T_r —24 h 冷水浸泡或 2 h 煮沸后的厚度;
 T_0 —压缩处理前试样的厚度。

2 试验结果与讨论

2.1 增重率、吸水厚度膨胀率和压缩变形恢复率

试验选择浸渍时间 15、30、60、180 min 作为时间参量,研究不同浓度树脂、不同热压时间、不同热压温度条件下处理材的增重率、吸水厚度膨胀率、压缩变形恢复率。采用美国普遍使用的萨斯(SAS)数据分析处理法进行筛选,结果表明,在常温常压下,浸渍 30 min 效果为佳。因此,本研究确定以 30 min 为浸渍处理的时间。不同浓度的树脂,浸渍 30 min 后处理材的增重率(WPG)、浸泡 24 h 的干状态和湿状态吸水厚度膨胀率(DTS24HC,WTS24HC) 以及干状态的压缩变形恢复率(DR24HC)的测试结果见图 1~3。

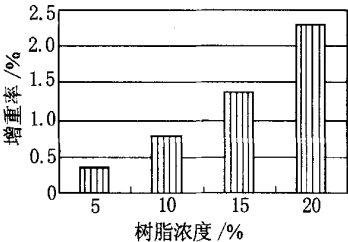


图 1 处理材的增重率与树脂浓度的关系

Fig. 1 Relation between WPG and concentration of isocyanate resin

从图 1 可以看出,在浸渍 30 min 的条件下,随着树脂浓度的增加,每克干木材吸收树脂的量增大。当浓度为 5%时,增重率为 0.36 %;当浓度为 20%时,增重率为 2.29 %。在浸渍 30 min、热压温度 180 ℃、热压时间 10~15 min、压缩率为 15%的处理条件下,处理材经冷水浸泡 24 h 和煮沸 2 h 后,测定其湿状态、干状态下的厚度膨胀率以及干状态下的压缩变形恢复率,结果见表 1,变化趋势见图 2、3。从图中可以

清楚看出,随着树脂浓度的增加,无论是冷水浸泡还是煮沸,处理材的厚度膨胀率和压缩变形恢复率明显降低。同时,为对比不同树脂的处理效果,在改性处理工艺相同的条件下,用浓度为 25%的 PF 树脂作对比。结果(表 1)表明,浓度 20%的改性异氰酸酯处理材的性能明显优于浓度 25%的 PF 树脂处理材。

表 1 不同树脂与处理材的厚度膨胀率和压缩变形恢复率
Tab. 1 Thickness swelling and compressed deformation recovery of specimen treated by different resin

树脂类型	浓度 %	试件处理	厚度膨胀率/%		压缩变形恢复率 %
			湿状态	干状态	
改性 MDI	5	冷水浸 24 h	10.44	7.78	29.98
改性 MDI	5	煮沸 2 h	24.33	13.51	54.59
改性 MDI	20	冷水浸 24 h	1.19	0.05	0.18
改性 MDI	20	煮沸 2 h	5.56	2.18	7.99
PF	25	冷水浸 24 h	3.53	1.01	4.03
PF	25	煮沸 2 h	23.01	12.24	47.06

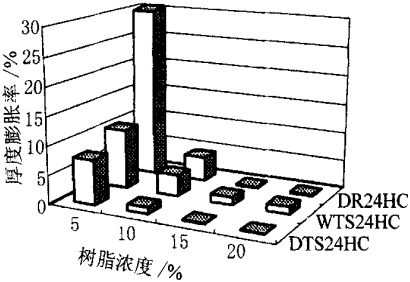


图 2 处理材冷水浸 24 h 的厚度膨胀率、压缩变形恢复率和树脂浓度的关系

Fig. 2 Relation among thickness swelling, compressed deformation recovery of specimen with soaking in cold water for 24 hours and resin concentration

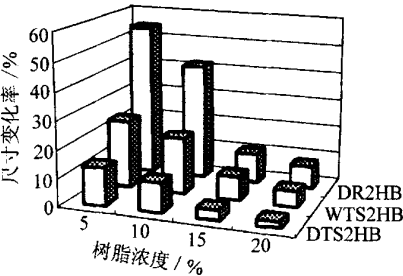


图 3 处理材煮沸 2 h 的厚度膨胀率、压缩变形恢复率与树脂浓度的关系

Fig. 3 Relation among thickness swelling, compressed deformation recovery of specimen with boiling 2 hours and resin concentration

2.2 表面密实化木材的抗弯强度和抗弯弹性模量 常压条件下,将木材浸于浓度为 15%的改性异氰酸酯树脂中 30 min,然后放入热压机中压缩,热压时间 10 min,温度 180 ℃,按设计的不同压缩率进行

热压。测量不同压缩率下,表面密实化处理材的抗弯强度(MOR)和抗弯弹性模量(MOE),结果见图 4。

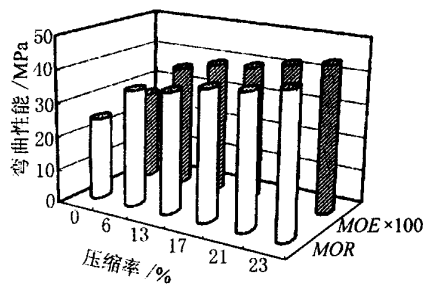


图 4 处理材的抗弯强度、抗弯弹性模量与压缩率的关系

Fig. 4 Relation among MOR, MOE of treated wood and compression ratio

图 4 可见,随着压缩率的增加,处理材的抗弯性能明显增大。与素材相比,当处理材的压缩率为 6% 时,其 MOR 和 MOE 分别提高 31.6% 和 19.19%;当压缩率为 17% 时, MOR 和 MOE 分别提高 47.65% 和 31.15%。

采用相同的表面密实化处理工艺,即浓度为 15% 的异氰酸酯树脂,常压下浸渍 30 min,压缩率均为 15%,热压温度和时间同前,得到表面密实化木材。然后对处理材试件进行的冷水浸泡 24 h 和煮沸 2 h 试验,并进行性能检测,结果见表 2。

表 2 不同处理条件下木材的抗弯性能

Tab. 2 Bending properties of wood in different treating conditions

编号	改性处理	试件处理	MOR/MPa	MOE/10 ³ ×MPa
素材	—	—	170.24	18.53
IN	浸渍、未压缩	—	196.45	20.81
IC	浸渍后压缩	—	244.97	24.11
WC24H*	浸渍后压缩	冷水浸 24 h	155.05	19.92
DC24H	浸渍后压缩	冷水浸 24 h	217.91	22.71
WB2H*	浸渍后压缩	煮沸 2 h	147.98	17.56
DB2H	浸渍后压缩	煮沸 2 h	214.09	23.68

* 湿状态下处理材的抗弯性能。

测试结果表明,只用树脂浸渍处理而没有经过压缩的木材,其 MOR 和 MOE 值分别比素材高 15.4%,12.3%;浸渍处理后又经过压缩的木材的 MOR 和 MOE 值分别比素材高 43.9% 和 30.1%。改性处理材经冷水浸 24 h 和煮沸 2 h 后,其湿状抗弯性能比素材略有降低,但干状抗弯性能明显高于素材。

2.3 改性处理材的氧指数、表面耐磨性和表面硬度

(1)氧指数 根据 GB/T 2406-93 检测,测得素材的氧指数为 28,而表面密实化处理后的木材氧指数为 32,说明该处理方法具有一定的阻燃效果。

(2)表面耐磨性 根据 GB/T 15036.6-94 《实木

地板块检验及实验方法》进行表面耐磨耗度检测。试验用砝码重 500 g,转数 1 000 转,结果表明,素材重量损失平均值为 1.842 g,磨痕深度为 0.479 mm,而压缩率为 15% 的表面密实化处理材的重量损失平均值为 1.606 g,磨痕深度为 0.301 mm,说明表面密实化处理可使处理材的表面耐磨耗性能得到改善。

(3)表面硬度 根据 GB 1941-91 木材硬度测定标准,测得素材表面硬度为 31.8 MPa,15% 压缩率的表面密实化处理材的表面硬度达 62.7 MPa,明显高于素材。

3 结论

1)在常压浸渍 30 min 条件下,随着树脂浓度的增加,木材吸入的树脂量增大。当树脂浓度为 5% 时,处理材冷水浸泡 24 h 的湿状厚度膨胀率为 10.44%,干状态厚度膨胀率为 7.78%,压缩变形恢复率为 29.98%;煮沸 2 h 的湿状厚度膨胀率为 24.33%,干状厚度膨胀率为 13.51% 和压缩变形恢复为 54.59%。当树脂浓度为 20% 时,处理材冷水浸泡 24 h 的湿状、干状厚度膨胀率以及压缩变形恢复率分别为 1.19%,0.05% 和 0.18%,煮沸 2 h 分别为 5.56%,2.18% 和 7.99%。

2)树脂浸渍处理后进行热压,随着压缩率的增加,木材的抗弯性能明显提高。当压缩率为 6% 时,处理材的 MOR 和 MOE 比素材分别提高 31.6% 和 19.19%;当压缩率为 17% 时,比素材分别提高 47.65% 和 31.15%。冷水浸 24 h 和煮沸 2 h 后处理材的湿状性能比素材略低,但干状性能值明显提高。

3)经过改性处理的表面密实化木材的氧指数为 32,其表面耐磨耗性能和表面硬度亦明显改善。

参考文献:

[1] 李坚. 木材的软化和弯曲技术[J]. 北京木材工业,1984,14(2): 23~27.

[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] 欧阳明八. 木材的压缩[J]. 北京木材工业,1984,14(3):13~21.

[5] 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.

[6] Wahyu Dwianto, Todhiromorooka, Misatonorimoto. A Measuring of Viscoelastic Properties of Wood under High-temperature and High-pressure Steam Conditions. Mokuzai Gakkaishi, 1998. 44(2): 77~81

(下转第 28 页)

3.5 施工性能

涂料无毒、无刺激气味,不燃不爆,可按一般物资运输,作业操作安全。产品为单一组分,搅拌均匀即可施用。施工技术要求:

(1) 准备工作 施工前需清洁基材表面,清扫尘土,擦拭油污和湿迹,铲除鱼鳞状漆膜、用腻子填补洞眼、缝隙和凹坑不平之处。容器内的涂料要搅拌均匀。用于喷涂的涂料,可酌加自来水调稀,以免堵塞喷嘴。

(2) 施工环境 需在温度高于 4℃、相对湿度低于 90%、空气流通的环境中进行,以保证涂膜正常干燥固化。低温潮湿和封闭的环境易使涂料的水分难以蒸发;但湿度太低,亦会使漆膜产生白色粉末或开裂。

(3) 涂料涂布 手工涂刷时,最后一道应一气呵成,尽量减少刷痕,保持接缝均匀;采用喷涂,涂膜更平滑均一,干固后的表面再涂一层罩光液,可获得光泽效果,并提高涂膜的耐水性能。但不得将湿涂料与油性漆接触或混用,施工工具也要分开专用。施工完毕应及时将涂刷、喷枪、辊涂器、容器等机具用自来水冲洗干净;未用完的涂料密封后室温放置。

(4) 涂覆量 在建筑物可燃基材表面使用时,按 500 g/m² 计量,一般涂 3 道,每间隔 4 h 涂一次。

3.6 适用性

(上接第 22 页)

- [7] 宇高英二,古野毅. 日本柳杉木材的热压缩处理[J]. 木材学会志(日),1998,44(3):218~222.
- [8] 宇高英二,古野毅,井上雅文. 密闭加热处理压缩变形的恢复与水分的关系[J]. 木材学会志(日),2000,46(2):144~148.
- [9] 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.
- [10] 余权英,谭向华. 木材乙酰基化改性研究[J]. 林产化学与工业,1995,31(1):56~59.
- [11] 尤纪雪,金重为,张雪元. 马尾松酚醛树脂改性研究[J]. 南京

可根据要求的装饰效果,将涂料调配成需要的颜色,广泛用于厅堂院馆等公共场所的室内木结构件和各种可燃装修材料,如木柱、木板墙、木龙骨、木门窗、木盖板、胶合板、纤维板、纸板、刨花板、泡沫塑料等。

4 结论

1) CYC 涂料适用于建筑物室内木结构的可燃装修材料,包括实木板、人造板及塑料等,起阻燃和装饰作用。

2) 涂料为水溶性,节省能源,无环境污染,符合涂料工业发展方向和劳动卫生与安全的有关规定。施工操作方便,干燥迅速,不燃不爆,无毒害,价格适宜。

参考文献:

- [1] 槐宏. 有机化学[M]. 北京:高等教育出版社,1990,5.
- [2] 李兰亭. 胶粘剂与涂料[M]. 北京:中国林业出版社,1994,2.
- [3] 欧育湘. 阻燃剂-制造、性能及应用[M]. 北京:兵器工业出版社,1997,6.
- [4] 卢建国,何郁文. 中国阻燃建材产品技术手册[M]. 四川:四川科学技术出版社,1999,84~86.
- [5] 慎之. 漫谈阻燃剂[J]. 消防产品研究,1995,(4):8~10.
- [6] 赵宗治. 我国阻燃涂料的发展与现状综述[J]. 消防产品研究,1997,(12):2~5.

林业大学学报,1988,2:60~64.

- [12] 方桂珍,李坚,刘一星. 三聚氰胺-甲醛与木材的交联作用[J]. 林业科学,1997,33(3):64~68.
- [13] 方桂珍,刘一星. 低分子量 MF 树脂固定杨木压缩木回弹技术的研究[J]. 木材工业,1996,10(4):18~21.
- [14] 刘君良,刘一星. 杨木、柳杉表面压密材的研究[J]. 吉林林学院学报,1998,14(2):21~24.
- [15] 刘占盛,张勤丽,张齐生. 压缩木制造技术[J]. 木材工业,2000,14(5):19~21.

欢迎订阅 2002 年《林产工业》

《林产工业》杂志是由国家林业局林产工业规划设计院和中国林产工业协会共同主办的专业技术性刊物,全国中文核心期刊之一。创刊于 1964 年。报道应用技术为主,融科技性、实用性、学术性、信息性于一体,服务于林产工业的现代化建设。主要内容:林产工业发展的技术方针和政策;制材,木材干燥,胶合板、纤维板、刨花板等各类人造板、非木质人造板,各类人造板饰面,木质地板等室内装饰装修材料,胶料的生产和应用,家具制造,制浆和造纸以及林产化工等方面的先进经验和新技术、新材料、新设备、新工艺的科研设计成果;综述国内外林产工业现状、水平及发展趋势。所辟栏目:综述,研究与分

析,生产与应用,专题讲座,国外技术,综合信息,企业简介等。主要对象:本行业及相关行业的生产厂家,设备制造厂家,科研、设计、教育单位及管理部门从事生产、管理、科研和开发、设计、教学、咨询和市场营销的人员。

为加强企业之间的信息交流,介绍新设备、新工艺和新技术,活跃经济,本刊辟有黑白/彩色广告版。

双月刊,大 16 开 48 页,单月中旬出版,国内外公开发行,定价 5 元。本刊邮发代号:2-141,读者可向当地邮局或本刊编辑部订阅。

地址:北京朝内大街 130 号 邮编:100010

开户行:农行北京东城支行朝内分理处

电话:(010)65266082,65135577-6223

帐号:190701040000625

户名:林业部林产工业规划设计院