

杨木表面强化浸渍液的单因素试验

周志芳, 王宏棣, 何金存, 张佳彬

(黑龙江省林业科学院木材科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150081)

摘要: 采用浸渍处理法, 进行人工林杨木表面强化浸渍液较佳配比的试验。选取 3 种不同的浸渍液, 进行每种浸渍液不同配比的单因素试验, 并以转化率为主要考核指标。结果表明: 浸渍液 A 和浸渍液 B 的较佳配比均为 3 水平; 浸渍液 C 的较佳配比是 5 水平, 为后续浸渍工艺的研究奠定基础。

关键词: 杨木; 浸渍液; 配比; 单因素试验

中图分类号: S792.11; TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)02-0005-03

Poplar Lumber Surface Hardening by Chemical Impregnation

ZHOU Zhi-fang, WANG Hong-di, HE Jin-cun, ZHANG Jia-bing

(Heilongjiang Academy of Forestry Wood Science and Technology Institute, Harbin 150081, Heilongjiang, China)

Abstract: A chemical impregnation method was used to improve the surface hardness of plantation grown poplar. The impregnation solutions selected for this study were: A (mixture of methyl methacrylate, butyl acrylate, vinyl acetate), B (mixture of styrene-acrylate emulsion and silica solution) and C (mixture of isocyanates and acetone). Treated lumber chemical retention level was used to evaluate the modification effect. Optimized process conditions are identified and presented.

Key words: poplar wood; impregnant; formula; one-factor experiment

为了提高杨木制品的附加值, 本试验在前人研究的基础上, 进一步提出了以浸渍为主要手段的人工林杨木表面强化方法。将低分子单体浸注到木材中, 然后通过引发、固化、聚合, 是目前木材功能性改良的常规手段^[1-2]。借鉴王群等人的研究^[3-6], 笔者选取 3 种不同改性机理的浸渍液进行试验。

本试验是杨木表面浸渍强化试验的前期工作, 即通过浸渍液配比的单因素试验, 确定各种不同浸渍液的较佳配比, 为后期的工艺研究奠定基础。

1 试验材料与设备

1.1 试验材料

1) 大青杨(*Populus ussuriensis*) 产地小兴安

岭伊春五营, 气干材, 平均含水率为 7.5%。

本试验是浸渍液配比的初步筛选, 因此, 选择试件尺寸为 20 mm×20 mm×20 mm, 共 156 个。

2) 浸渍液 A: 甲基丙烯酸甲酯(MMA)、丙烯酸丁酯(BA)、乙酸乙酯(VAc), 为乙烯类单体共混浸渍液; B: 苯丙乳液-硅溶胶复合浸渍液; C: 异氰酸酯-丙酮混合浸渍液。

3) 其他助剂 偶氮二异丁腈(AIBN)、硅烷偶联剂、烷基苯磺酸钠。

1.2 试验设备

木材浸注真空压力装置, 由本课题研发设计(专利号: 200820089195); 真空干燥箱, 恒温干燥箱, 电子天平等。

1.3 浸渍液配比

浸渍液 A: 依据 3 种单体各自所占的不同质量分数, 设定了 5 个水平, 按比率混合后, 加入占单体总质量 0.07% 的 AIBN。

浸渍液 B: 以苯丙乳液占混合液质量分数不同

收稿日期: 2009-05-25; 修改日期 2009-09-01

基金项目: 黑龙江省“十一五”重点攻关项目子课题(GB06B305-2)。
作者简介: 周志芳(1981—), 女, 黑龙江省林业科学院木材科学研究所助理研究员。

通讯作者: 王宏棣, 男, 黑龙江省林业科学院木材科学研究所研究员, 博士。

制定 5 个水平,硅烷偶联剂和烷基苯磺酸钠的加入量均占单体总质量的 0.5%。

浸渍液 C: 丙酮为稀释剂,异氰酸酯占混合液质量分数不同设定 5 个水平。

在观察试验中,浸渍液 A 其中的 1 种配比,VAc 的含量最大,而其反应活性则最低,因此聚合时间过长;另一种则由于 MMA 的含量远远超过其他单体,聚合反应速率过快,可操作性差。最终确定浸渍液 A 仅选取 3 个水平进行试验。

3 种浸渍液的配比见表 1。

表 1 3 种浸渍液的配比及水平
Tab. 1 Composition of the three impregnating chemicals

因素	水平				
	1	2	3	4	5
浸渍液 A:MMA : BA : VAc	4 : 1.5 : 1	7 : 1.5 : 1	16 : 1.5 : 1		
浸渍液 B:苯丙乳液 : 硅溶胶	1 : 3	1 : 2.3	1 : 1.9	1 : 1.5	1 : 1.2
浸渍液 C:异氰酸酯 : 丙酮	1 : 6	1 : 4	1 : 3	1 : 2.3	1 : 2.8

1.4 浸渍试验过程

试件干燥至绝干,先进行 0.1 MPa,1 h 的抽真空处理;再将试件放入浸渍液中,进行 1.2 MPa 加压浸渍 3 h;浸渍结束后取出,常压下静置陈放 1 h,拭去表面附着浸渍液并称量;将试件放入恒定为 85 ℃ 的烘箱中,干燥固化处理 12 h。

按照上述工艺,分别用不同配比的 3 种浸渍液进行处理,每种浸渍液的每一种配比各 2 个试件,重复试验 6 次。

2 结果与分析

杨木表面强化对浸渍深度的要求,与应用场合有关。浸渍液在杨木木材中,最终的形态不仅仅是物理填充,而且要与木材组分之间产生不同程度的联结。评判浸渍液配比是否合适,与最终形成的处理材内部浸渍液固化留存量的多少,即转化率有关。

因此,本试验考核指标以转化率为主,增重率为辅。浸渍液 B 和浸渍液 C,并不完全是低分子单体聚合反应,但可以引入转化率的计算方法。

转化率= $\frac{\text{处理材绝干质量}-\text{处理前绝干质量}}{\text{注入材质量}-\text{处理前绝干质量}} \times 100\%$

2.1 试验结果

不同配比的 3 种浸渍液处理杨木,浸渍液的转化率见表 2。

对表 2 的直观分析得出:浸渍液 A 的转化率整体上高于其他 2 种。浸渍液 A 是 3 种低分子量的乙烯基单体混合液,黏度较小且对木材渗透性好,进入木材孔隙中的单体完全固化并留存在木材内部,而且烯炔类单体,在一定条件下可与木材接枝共聚^[7],但其成本也相对较高。

浸渍液 B 是有机-无机复合浸渍液,硅溶胶的一 OH 基团通过偶联剂与苯丙乳液的一 C=O 及木材纤维素中的一 OH 发生反应;这类界面结合仍显不足,需加入渗透剂来提高浸渍液 B 与木材的相容性。苯丙乳液对浸渍液黏度的影响较大^[8],因此转化率相对较低,但其成本较低,可满足低程度表面强化。

浸渍液 C 具有较高的反应活性,能与木材中大量的羟基反应形成化学键链接,并能与木材中含氧、氮等的大极性基团形成氢键结合^[9],处理的杨木木材转化率较高。

以增重率为试验指标,其试验结果列于表 3 中。

表 2 3 种浸渍液不同配比条件时的转化率
Tab. 2 Retention levels after impregnation

试验序号	转化率/%											
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C5
1	52.74	49.32	53.93	7.50	11.18	12.12	13.91	9.81	20.97	27.89	34.85	42.39
2	50.17	37.60	58.27	9.83	12.50	13.08	14.53	12.99	22.66	31.20	33.58	40.54
3	52.30	35.11	65.89	8.71	12.16	12.75	13.01	8.63	22.53	24.62	33.21	43.40
4	44.40	33.58	51.54	9.34	10.26	14.18	13.21	12.06	23.25	28.85	35.43	42.21
5	44.73	37.72	58.61	6.42	11.74	11.33	9.34	10.07	24.15	28.00	34.08	42.63
6	54.95	35.18	48.38	8.93	11.75	15.87	10.66	11.85	21.80	26.46	34.91	40.70

注:“A1”表示浸渍液 A 的 1 水平,“A2”表示浸渍液 A 的 2 水平,以此类推。

• 6 •

表 3 3 种浸渍液不同配比下的增重率
Tab. 3 Weight gain rate of treated lumbers

试验序号	增重率/%												
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
1	47.92	41.26	46.60	6.96	11.80	12.20	12.65	9.14	31.46	18.57	25.38	28.32	30.84
2	50.68	30.99	48.94	10.24	12.57	13.76	14.00	9.32	18.13	43.84	26.10	30.29	31.72
3	51.13	31.62	57.35	9.76	12.23	13.92	9.64	6.45	18.21	18.13	23.84	30.00	34.85
4	41.84	30.10	51.54	8.13	10.37	12.83	12.11	9.69	18.21	20.66	24.53	30.59	35.67
5	40.00	26.63	53.96	7.12	9.17	11.98	8.06	7.99	14.88	17.83	25.68	31.48	31.85
6	49.14	27.90	44.08	10.14	11.99	14.14	9.91	9.47	17.52	18.97	26.47	28.53	31.63

从表 3 可得出与转化率相似的结论,浸渍液 A 仍是表面强化效率最高。同等浸渍工艺条件下,高程度表面强化可用浸渍液 A 和浸渍液 C,但成本相对较高;浸渍液 B 可应用于装饰类材料,低程度低成本表面强化处理。

2.2 方差分析

表 4 为 3 种浸渍液不同配比的转化率单因素试验方差分析结果。

表 4 3 种浸渍液不同配比条件转化率方差分析
Tab. 4 Analysis of variance for retention levels

浸渍液种类	方差来源	偏差平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
A	配比	1 005.24	2	502.62	16.66	**
	误差	452.53	15	30.16		
B	配比	80.09	4	20.02	8.63	**
	误差	57.97	25	2.31		
C	配比	1 479.68	4	369.92	220.64	**
	误差	41.91	25	1.68		

注:“**”表示在 0.01 水平下显著;以下同。

由表 4 得知,3 种浸渍液的 F 值均在 0.01 水平下显著,尤其是浸渍液 C 影响极其显著。浸渍处理后的木材转化率越高,浸渍液渗入木材的总量多,填充在木材孔隙及与木材产生联结的比例较大,从而实现杨木表面强化。因此,笔者以转化率最高的因素水平作为该浸渍液的较佳配比。本试验范围内,3 种浸渍液各自的较佳配比:A3,B3 和 C5。

表 5 是增重率的方差分析结果,可以看出,对比对 3 种浸渍液增重率均有非常显著的影响。与表 4 结果一致,较佳配比仍是 A3,B3,C5。

表 5 3 种浸渍液不同配比条件增重率方差分析
Tab. 5 Analysis of variance for weight gain rates

浸渍液	方差来源	偏差平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
A	配比	1 220.61	2	610.30	25.13	**
	误差	364.31	15	24.29		
B	配比	86.69	4	21.67	9.56	**
	误差	56.69	25	2.27		
C	配比	655.53	4	163.88	5.60	**
	误差	731.42	25	29.26		

3 结论

1) 以转化率为主要评价指标,增重率为辅助指标。结果表明,浸渍液的对比对转化率的影响非常显著,3 种浸渍液的 F 值均在 0.01 水平下显著,且增重率与转化率协同变化;

2) 浸渍液 A 的较佳的配比为 3 水平,即质量分数为 MMA:BA:VAc=16:1.5:1;浸渍液 B 的较佳配比是 3 水平,即苯丙乳液:硅溶胶混合液的质量分数为 1:1.9;浸渍液 C 的较佳配比是 5 水平,即异氰酸酯:丙酮混合液的质量分数为 1:2.8;

3) 3 种浸渍液的效果和成本均不同,可结合具体需要区别应用。

参考文献:

[1] 王逢朔,马立军,李永峰,等. 强化杨木单板混合树脂液的配比[J]. 东北林业大学学报,2005,33(6):45-46.

[2] P Soulounganga,B Loubinoux,E Wozniak,ed al. Improvement of wood properties by impregnation with polyglycerol methacrylate[J]. Holz Roh Werkst,2004(62):281-285.

[3] 孙正强. 硅溶胶/苯丙乳液改性体系的陶瓷复合木材[D]. 北京:北京工业大学,2004.

[4] Aiping Zhu,Aiyun Cai, et al. Film characterization of poly(styrene-butylacrylate-acrylic acid)-silica nanocomposite[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2008, 322(1):51-58.

[5] 孙立,王西成. 用化学方法制备木材/二氧化硅纳米复合材料[J]. 中国建材科技,1998,17(3):23-25.

[6] 刘君良,江泽慧,许忠允,等. 人工林轻质木材表面密实化新技术[J]. 木材工业,2002,16(1):20-28.

[7] 王强,曹爱丽,黄积涛,等. 苯乙烯(St)/甲基丙烯酸甲酯(MMA)/丙烯腈(AN)三元接枝共聚塑合木研制[J]. 林业科学,1999,35(2):82-86.

[8] 王群,郭红霞,李永卿,等. 硅溶胶/苯丙乳液杂化复合木材的制备与性能[J]. 北京工业大学学报,2006,32(7):638-641.

[9] 耿志忠. 异氰酸酯与木材各组分反应产物的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2004.

(责任编辑 鲍加芬)