

低分子量酚醛树脂改性大青杨木材的研究

方桂珍* 李淑君 刘健威**

摘要 采用低分子量酚醛树脂改性大青杨木材,处理材尺寸稳定,增容作用也较大,同时大大提高木材的力学性能。当树脂浓度为 10% 时,处理材的 $ASE_{\text{湿}}$ 达 69%, $ASE_{\text{水}}$ 达 75%, MEE 达 52%, 顺纹抗压强度提高 23%。若与气干状态下的素材比较,提高 78%,可与硬阔叶树材相媲美。

关键词 低分子量酚醛树脂; 尺寸稳定性; 力学性质

Study of Modifying *Populus ussuriensis* Wood with PF Resin of Low Molecular Weight

Fang Guizhen Li Shujun

(College of Forest Products Industry, Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Liu Jianwei

(Liantong Wood Work Co. Ltd, Harbin 150078)

Abstract The *Populus ussuriensis* wood was modified with phenol formaldehyde (PF) resin of low molecular weight. The modified wood was in good dimensional stability, bulged and strengthened largely at the same time. As far as the modified wood with 10% PF was concerned, its ASE (moisture) was 69%, $ASE(\text{water})$ was 75%, its MEE was 52% and its maximum compression strength parallel to the grain was increased by 23%. The compression strength was increased by 78% compared with that in air-dried condition. The treated wood was as strong as some strong hardwoods.

Keywords PF resin of low molecular weight; Dimensional stability; Strength properties

大青杨边材色白,纹理自然,但变异性大且材质软,因而应用范围很窄,必需改性处理才能扩大应用范围。而酚醛树脂处理能够提高木材尺寸稳定性及某些力学性质,低分子量树脂可增加渗透性,提高处理效果,是一种较好的改性方法。

1 试验方法

1.1 试样

试验所用大青杨 (*Populus ussuriensis*) 采自黑龙江省帽儿山,取其边材制作试件。试件制作以及各项指标的测定按 GB 1927-1940-9 进行。

1.2 改性处理

1.2.1 低分子量 PF 树脂的合成 参见文献 [1]

1.2.2 处理药液的配制 分别配制浓度量 5 10 15 20 30 和 40% 的树脂液, pH 值调至 6 左右。

1.2.3 处理方法 将试件先抽真空 (绝对压力 8 kPa) 1 h, 注入药液, 浸泡一段时间后, 再加压 (绝对压力 0.8 MPa) 6~8 h 将试件取出, 进行二次真空, 气干后在 120℃ 下固化 3 h。

1.3 指标测定和计算

试验测定的部分指标计算如下^[2,3]。

$$ASE_{\text{湿}} = (S_0 - S_1) / S_0 \times 100$$

$$ASE_{\text{水}} = (S_{k0} - S_{k1}) / S_{k0} \times 100$$

$$ASE_{\text{水}} = (S_{k0} - S_{k2}) / S_{k0} \times 100$$

式中: $ASE_{\text{湿}}$ —在一定湿度环境中处理材的抗胀 (缩) 率 %;

$ASE_{\text{水}}$ —在饱水状态下处理材的抗胀 (缩) 率 %;

收稿日期 1998-12-15
* 东北林业大学林产工业学院副教授, 哈尔滨 150040
** 联通木制品有限公司助理工程师, 哈尔滨 150078

$ASE_{水}$ —在饱水状态下相对于未处理时绝干状态

处理材的抗胀(缩)率 %;

S_0 —未处理材吸湿后的体积膨胀(收缩)率 %;

S_1 —处理材吸湿后的体积膨胀(收缩)率 %;

S_{k0} —未处理材在饱水状态下的体积膨胀(收缩)率 %;

S_k —处理材在饱水状态下的体积膨胀(收缩)率 %;

S_{k2} —处理材在饱水状态下相对于未处理时绝干状态的体积膨胀(收缩)率 %。

试件高温固化处理后,需在一定湿度条件下平衡至国家标准所规定的含水率(9%~15%)时再测定

2 测定结果与分析

2.1 处理材尺寸稳定性分析

改性处理材的 WPG 、 BE 、 $ASE_{湿}$ 和 $ASE_{水}$ 、 MEE 及弦、径向干缩率和干缩系数与处理液浓度的关系分别如图 1~图 5 所示。

由图可知,增重率几乎随浓度线性增加,而增容率则在低浓度时增加很快,当浓度超过 10% 时,趋于稳定,即低浓度时,树脂进入细胞壁,使木材体积增大,而在高浓度时,细胞壁已充满树脂,很大一部分树脂只填充在细胞腔内,增容的作用微小。

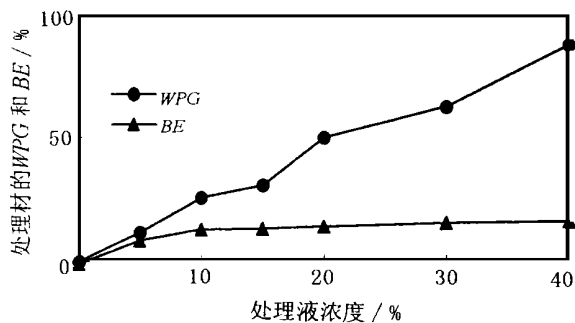


图 1 处理液浓度与增重率和增容率的关系

Fig. 1 Relation of WPG and BE treated with the concentrations of PF resin

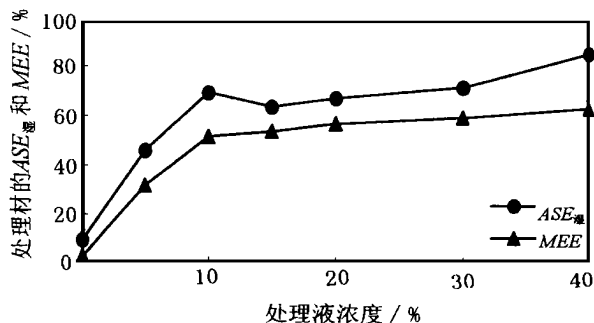


图 2 处理液浓度与改性材吸湿性的关系

Fig. 2 Relation of the treated wood's property of absorbing moisture and the concentrations of PF resin

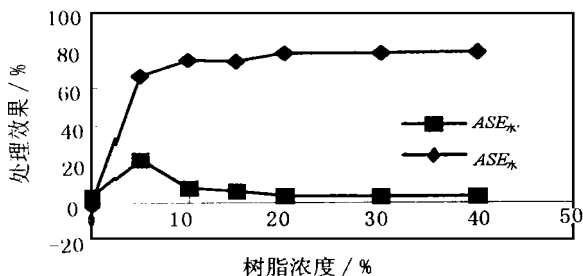


图 3 树脂浓度与 $ASE_{水}$ 及 $ASE_{水}$ 之间的关系

Fig. 3 Relation of ASE_{WATER} and ASE_{WATER} treated with the concentrations of PF resin

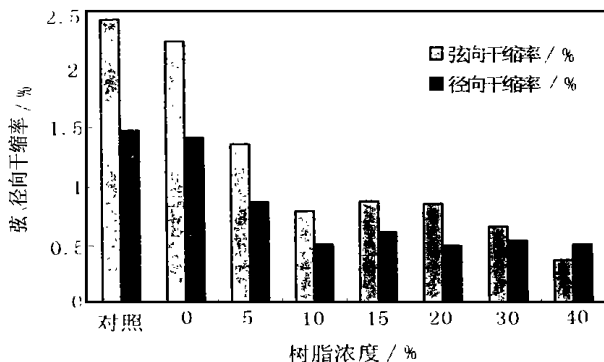


图 4 树脂浓度与处理材弦、径向干缩率的关系

Fig. 4 The shrinkage of the modified wood with different concentrations of PF resin

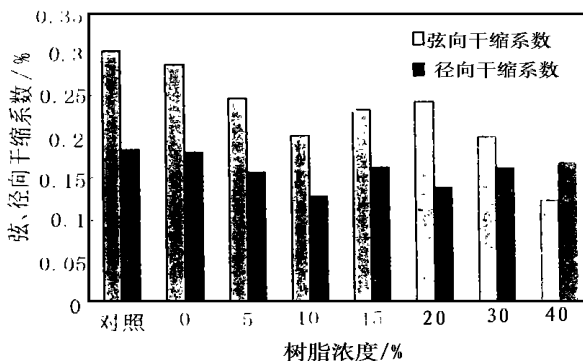


图 5 树脂浓度与处理材弦、径向干缩系数的关系

Fig. 5 The average shrinkage of the modified wood with different concentrations of PF resin

与增容率 BE 变化相似, ASE 和 MEE 在树脂浓度较低时增加较快(如图 2), 超过一定浓度时增加缓慢, 表明处理剂在细胞壁中的作用量有一极限, 由于赋予木材阻湿抗胀能力的主要是进入细胞壁内的树脂, 细胞腔中树脂对提高木材尺寸稳定性作用很小。

根据图 3, PF 处理材的 $ASE_{水}$ 与 $ASE_{湿}$ 变化趋势相似, 只是 $ASE_{湿}$ 在树脂浓度为 10% 以后趋于平衡, 而在水中饱和这种更恶劣条件下的 $ASE_{水}$ 在树

脂浓度为 5% 时就已接近平衡值。10% 树脂处理材的 ASE_k 超过了 70% , ASE_k 曲线在树脂浓度为 10% 前出现一极值。若 ASE_k 为 100% , 说明处理材无论在化学处理中, 还是在饱水状态下都没发生体积膨胀, 若 ASE_k 为 0, 说明处理材在饱水状态下的体积等于试样未经改性处理而直接进行饱水时的体积。本试验中, 5% 树脂处理材的 ASE_k 最大, 即该处理材在饱水后相对于处理前体积的变化最小, 低分子量酚醛树脂对木材细胞壁的膨胀作用和交联作用使其尺寸稳定。在同一条件处理下, 10% 以上浓度树脂处理材体积变化则较大, 接近素材, 此时进入木材细胞壁的低分子量酚醛树脂对木材的膨胀作用掩盖了交联对木材的尺寸稳定作用。

图 4 5 所示为处理材的弦、径向干缩率和干缩系数与处理液浓度的关系。由于试样经 PF 处理, 抗胀缩能力大增, 主要表现在弦、径向干缩率大幅度降低, 而试样的阻湿性能同时得到提高, 在同一相对湿度环境中的平衡含水率降低, 因此对木材干缩系数的影响不很明显。另外, 该处理使木材弦、径向干缩率差异减小, 使处理材在干燥过程中开裂的可能性减小。

2.2 处理材的强度测定

强度测定结果如表 1 所示。PF 树脂处理明显提高木材的顺纹抗压强度, 而使抗弯强度降低。采用溶剂处理木材其抗弯强度下降了 4.4% , 说明溶剂的溶出作用和加热处理在一定程度上降低了木材强度, 而树脂的脆性也使处理材抗弯强度降低。浓度为 20% 时, 抗弯强度为 90 MPa, 比素材降低了 20.4% 。

表 1 处理材与素材力学性能比较

Tab. 1 Comparison of the mechanical properties of modified wood with those of control

测定项目	树脂浓度 %					素材
	0	10	20	30	40	
顺纹抗压强度 /MPa	36.18	48.55	51.50	57.58	61.43	39.41
提高幅度 %	-	8.20	23.18	30.67	46.08	55.86
抗弯强度 /MPa	108	108	90	106	116	113
提高幅度 %	-	4.4	-4.4	-20.4	-6.2	2.7
弹性模量 $\times 10^3$ MPa	9.68	9.97	9.53	11.9	11.8	9.96
提高幅度 %	-	2.8	0.1	-4.3	19.5	18.5

根据表 1, 10% PF 处理材的顺纹抗压强度比最大, 说明进入细胞内部的树脂充分有效地发挥了作用。经树脂处理, 木材的阻湿能力大大提高, 在同一湿度环境下, 处理材的含水率要比素材低得多, 而木材的强度在很大范围内与含水率成反比, 因此在相同的使用环境中, 该改性处理会在更大程度上提高木材的力学性能 (表 2)。

表 2 气干状态下处理材与素材力学性质比较

Tab. 2 Comparison of the mechanical properties of modified wood with those of control

测定项目	树脂浓度 %					素材
	0	10	20	30	40	
顺纹抗压强度 /MPa	36.81	70.33	70.05	89.59	99.14	39.41
提高幅度 %	-	6.60	78.45	78.06	127.33	151.47
抗弯强度 /MPa	109.50	143.57	123.65	148.43	166.74	113
提高幅度 %	-	3.10	27.05	9.43	31.35	47.56
弹性模量 $\times 10^3$ MPa	9.73	10.99	10.61	13.33	13.32	9.96
提高幅度 %	-	2.31	10.35	6.56	33.82	33.74

同样在气干状态下, 两种常用的硬阔叶树材的物理力学性质如表 3

表 3 柞木和白桦的物理和力学性质

Tab. 3 Physical and mechanical properties of *Quercus mongolica* and *Betula platyphylla*

树种	产地	干缩系数		顺纹抗压强度 /MPa	抗弯强度 MPa	弹性模量 $\times 10^3$ MPa
		弦向	径向			
柞木	朗乡	0.318	0.181	53.4	116	12.9
白桦	带岭	0.308	0.227	41.16	85.8	11.0

经 PF 处理的大青杨木材的物理力学性质得到显著改善。10% 浓度处理材的顺纹抗压强度为 48.55 MPa, 抗弯强度为 108 MPa, 均高于白桦, 略低于柞木; 30% 浓度处理材的顺纹抗压强度为 57.58 MPa, 超过了柞木。从实际应用考虑, 在气干条件下, 10% 浓度处理材的两强度指标值分别为 70.33, 143.57 MPa, 在某些场合中可替代一些硬阔叶树木材使用, 对拓宽大青杨木材应用范围有重大意义。

3 结论

1) 采用低分子量酚醛树脂改性大青杨木材, 处理材尺寸稳定效果显著, 增容作用较大, 浓度为 10% 的处理材的 $ASE_{湿}$ 达 69% , ASE_k 为 75% , MEE 达 52% ;

2) 处理可大大提高木材强度。浓度为 10% , 处理材的顺纹抗压强度提高 23% , 若同在气干状态下可提高 78% , 可与硬阔叶树材相媲美。

4 参考文献

- 李淑君. 低分子量酚醛树脂对大青杨木材功能性改良的研究. 硕士论文, 1998
- 李坚, 等著. 木材科学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1995
- Kosuke O HAME, Misato NORIMOTO. Dimensional Change of Wood by Chemical Treatment. Wood Research, 1997, No. 84 42 ~ 45
- 成俊卿主编. 木材学. 北京: 中国林业出版社, 1985