

微波改性木材的初步研究

王喜明, 薛振华, 石丽慧, 张卫华

(内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018)

摘要: 利用微波对加拿大杨(*Populus canadensis*)和水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)木材试件进行不同时间处理与未处理试件一同干燥,对其干燥速度、干缩特性进行对比研究。结果表明,微波处理可使木材的某些性质得以改善,特别是硬阔叶树材的改善程度更大。微波处理使木材细胞壁上纹孔膜等薄弱环节破坏,木材中的浸提物析出或重新分布,同时木材的密度降低、弦径向干缩率之比增加、木材的吸水量增加,从而使干燥速度加快。

关键词: 微波;木材改性

中图分类号:S781.7 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2002)06-0016-04

Preliminary Study on Microwave Modified Wood

WANG Xi-ming, XUE Zheng-hua, SHI Li-hui, ZHANG Wei-hua

(Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: Canada Poplar (*Populus canadensis*) and Manchurian Ash (*Fraxinus mandshurica*) wood were modified by microwave heating for various treating times. They were then dried together with similar un-treated wood under the same drying conditions. Experimental results were based on electron microscope scans as well as data collected on drying speed and shrinkage measurements from modified and unmodified wood. The results showed, 1) some pit membranes of the treated wood were destroyed and some tylose were redistributed, or separated out after the microwave modification process, 2) the modified wood revealed better properties than the unmodified wood, especially the hardwood. The treated wood was found to have lower density, a larger shrinkage ratio, a higher water absorbing characteristic and a faster drying speed.

Key words: Microwave; Wood modification

木材改性是改善木材性能、实现次材优用的一项工艺措施。迄今在工业上已经应用的有胶压木、浸渍木和压缩木等,其它方法如聚乙二醇处理、尿素处理等化学处理等也在某些领域得以应用,还有一些方法尚处于试验阶段。微波改性木材技术,是用一定频率的微波局部或全部处理木材。初步研究结果表明,微波处理可使木材渗透性增加、密度减小,因而降低木材的热传导率、干缩率和湿胀率,提高其干燥速度。对木材进行局部处理,可实现对木材的特殊加工如局部弯曲、局部浸渍等,制成特种木材部件。本研究以杨木和水曲柳为试验用材,探讨不同时间微波处理对木材性质和干燥特性的影响,为进一步深入研究微波改性

木材奠定基础。

1 试验材料与方法

1.1 试件制备

试材 加拿大杨(*Populus canadensis*)采自内蒙古自治区呼和浩特市郊区农田防护林,水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)采自小兴安岭林区。试材在工厂加工成规格板材(25 mm×100 mm×2 000 mm)刨光、标号后密集堆放,并用塑料膜覆盖。定期喷水、吹风,防止水分散失太快和发霉。

试件 取自同一木段同一长度方向对称的两块边材,不同用途试件的规格为:

电镜观察试件 5 mm×5 mm×5 mm

干缩率、密度、含水率等测定试件 20 mm×20

收稿日期:2001-12-17

本文作者:王喜明(1964-),男,内蒙古农业大学林业工程学院教授,林业工程博士后流动站博士后。

mm×20 mm

干燥速度测定试件 140 mm×45 mm×30 mm

1.2 试验设备

自动控制木材干燥机、WD800B 型微波炉、S-530 型电子扫描显微镜。

1.3 试验内容

(1)观察试件 先从板材端头锯取 10 mm 厚的小木块,再制成 5 mm×5 mm×5 mm 的弦向、径向和横向三个切面的观察试件,脱水、喷铂后进行电镜观察。

(2)微波处理 将饱水试材放入微波炉中,用 20% 火力进行处理。杨木处理 4 min 和 7 min、水曲柳处理 3 min 和 6 min 后用上述方法制成电镜观察试件。

(3)干燥试验 将未处理材和微波处理材在同一干燥室中进行干燥,干燥基准为:初期温度 60 ℃,后期温度 80 ℃。木材干缩率 $= (T - T_1) / T \times 100\%$ 。其中: T 为干燥前尺寸, T_1 为干燥后尺寸

2 试验结果与分析

2.1 微波处理对木材超微构造的影响

微波处理对木材构造的影响与微波加热原理密切相关,微波加热的热量从被加热物体内部直接产生,并沿整个厚度方向同时热透。在高频电场的作用下,木材细胞中的水分快速汽化,形成向外扩散的蒸汽压冲击细胞壁,并在纹孔膜等薄弱环节形成突破,造成纹孔膜破裂,破裂程度与电场强度和处理时间有关。

加拿大杨的材质较软,在干燥过程中容易产生皱缩,主要是因为其导管中存在浸填体和纹孔中存在纹孔膜,射线细胞内壁中有沉积物等造成。电镜观察结果表明,试材经微波处理后,导管与木射线间的纹孔膜、导管间纹孔膜有破裂现象(见图 1、2),且处理时间越长,破裂程度越大。

水曲柳材因其密度高、木射线发达,干燥速度较慢,电镜观察结果表明,经微波处理特别是较长时间(6min)处理后,绝大多数纹孔膜破裂(图 3),从径切面上可以观察到木射线薄壁细胞中絮状沉积物减少(图 4)。

2.2 微波处理对木材化学成分影响

对浸提物的作用。木材中浸提物对木材的渗透性、干燥特性影响很大。从图 4 可知,木材经微波处理后部分浸提物挥发,木射线薄壁细胞内的沉积物减少。在试验过程中可以观察到微波炉托盘上沉积析出

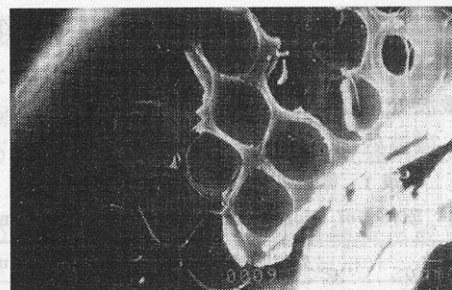


图 1 杨木素材的导管间的具缘纹孔

Fig. 1 Bored pits on vessels of Poplar wood

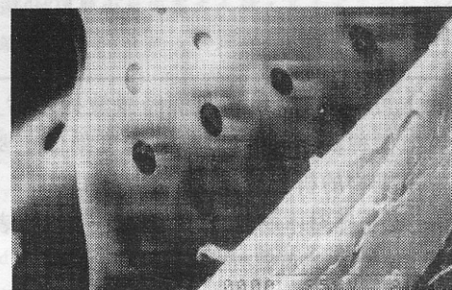


图 2 7 min 改性处理的杨木导管间具缘纹孔

Fig. 2 Bored pits on vessels of modified

Poplar wood for 7 min treatment

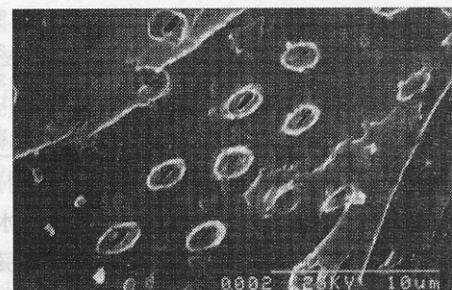


图 3 3 min 改性处理水曲柳的导管间具缘纹孔

Fig. 3 Bored pits on vessels of modified

Mandshurican Ash wood for 3 min treatment

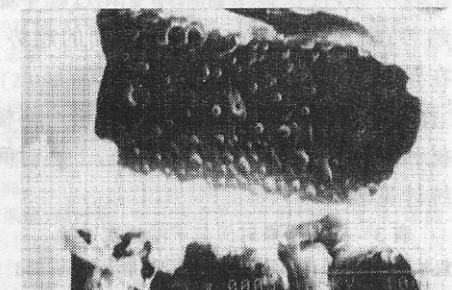


图 4 6 min 改性处理水曲柳木射线薄壁细胞内壁沉积物

Fig. 4 Tylose on ray of modified Mandshurican

Ash wood for 6 min treatment

的浸提物。木材密度下降也说明这一点。

对木材纤维素和半纤维素的作用。在微波处理过

程中,部分半纤维素及小部分纤维素在高温的作用下发生热降解,部分降解物随水分蒸发。

2.3 微波处理对木材性质的影响

2.3.1 微波处理对木材密度的影响见表 1。

表 1 微波处理对木材密度的影响

Tab. 1 Effect of microwave treatment on wood density		
树种	处理时间/min	密度/(kg·m ⁻³)
杨木	—	432.21
	4	421.93
	7	429.68
水曲柳	—	679.63
	3	617.67
	6	620.24

由表 1 可见,杨木和水曲柳经微波处理后,密度的改变值与树种和处理时间有关。密度降低主要是因为木材中浸提物的析出以及木材体积的增加。

2.3.2 微波处理对木材绝干干缩率的影响见表 2。

表 2 杨木、水曲柳木材绝干干缩率的对比

Tab. 2 Comparison of shrinkage between two species wood in oven-dried state					
树种	处理时间/min	Y _T /%	Y _R /%	Y _T /Y _R	Y _V /%
杨木	—	7.77	4.79	1.62	12.21
	4	8.63	4.45	1.94	13.23
	7	8.37	4.57	1.83	12.78
水曲柳	—	8.44	5.64	1.50	13.40
	3	10.36	5.50	1.88	15.30
	6	8.94	4.68	1.91	13.14

由表 2 可见,两种改性材的弦向干缩率增加,径向干缩率减少,体积收缩率总体在增加,只有水曲柳在 6 min 处理改性时体积收缩率略减。木材的弦径向干缩率比略有增加,这对于防止木材发生裂隙不利。

2 种试材体积干缩率随含水率的变化曲线见图 5、6。由图可见,水曲柳试材经微波处理后干缩率的变化趋势比较明显,且在整个含水率变化过程中始终保持一种趋势;杨木虽然有与水曲柳相同的趋势,但此种趋势在整个含水率变化区域内有交叉。

2.3.3 微波处理对木材干燥速度的影响 将杨木微波处理材和未改性木材同时进行干燥,干燥时间与干燥速度统计见表 3。

表 3 杨木干燥时间与干燥速度统计

Tab. 3 Drying time and rate of Poplar wood					
试件类型	处理时间/min	干燥时间/h		干燥速度/(%·h ⁻¹)	
		W>30%	W<30%	W>30%	W<30%
未处理	0	8	14	10.21	2.20
处理	4	10	12	10.69	2.40
处理	7	9	13	10.74	2.44

干燥过程中含水率随时间的变化曲线见图 7。从表 3 和图 7 中可见,无论微波处理时间长短,试材的

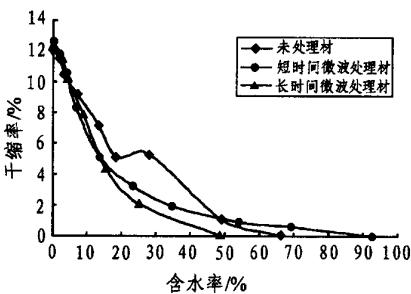


图 5 杨木体积干缩率随含水率变化的曲线
Fig. 5 Curve of volume shrinkage rate of Poplar wood varying with moisture content

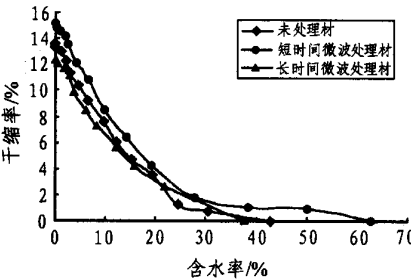


图 6 水曲柳体积干缩率随含水率变化的曲线
Fig. 6 Curve of volume shrinkage rate of Mandshurican Ash wood varying with moisture content

干燥速度均明显加快,其中长时间处理材在纤维饱和点以上时干燥速度增加最大(10.74%)。

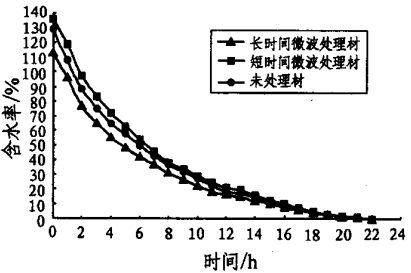


图 7 杨木含水率随干燥时间变化曲线
Fig. 7 Curve of moisture content with drying time variety for Poplar wood

在进行试材干燥试验前,将未改性和改性的杨木浸泡至水饱和,其重量变化见表 4。

表 4 饱水杨木试材处理前后重量变化

Tab. 4 Weight variety of Poplar wood sample saturated with water before and after treating				
试件类型	处理时间 /min	处理前	处理后	改性浸泡后
未处理	0	166.04	-	-
处理	4	167.27	153.30	188.07
处理	7	170.37	134.70	173.42

由表4可见,试材经微波处理后,其最大吸水量增加,虽然在处理过程中有部分水分散失,但重新饱水后,改性材的吸水量均比未改性材大,特别是短时间处理材的最大吸水量增加了12.4%。最大吸水量增加和干燥速度加快是微波处理在改善木材干燥特性方面最大的贡献,这与微波处理后试材内浸提物重新分布、析出,纹孔膜的破裂等有关,这种作用对难干硬阔叶材的效果比阔叶材更显著。

综合上述试验结果,由于微波处理破坏了木材构造的某些薄弱环节,并使浸提物析出或重新分布以及其他一些不明原因,导致木材的性质发生了变化,如密度降低、最大吸水量增加、干燥速度加快、弦径向干缩率之比增大、体积膨胀率增加等。这些性质的改变使得一些难干、渗透性差的木材的干燥特性和渗透性有所改善。因此,若将难干和难渗透的硬阔叶材在干燥前或浸渍处理前进行微波处理,可缩短其干燥或浸渍时间。

(上接第15页)

生的化学键结合力亦低;另外,由于玻璃纤维是优良的绝热材料,会阻碍热量传导而影响到PF树脂的固化;再加上亚麻屑的空心使板坯透气性差,玻璃纤维丝和亚麻屑及木刨花混合后作为复合板的表层,阻碍了热量传导,因而影响了上下混合表层内PF胶的固化,导致IB降低。

2.5 静曲强度和弹性模量

从表6中可看出,三种组合形式复合板的MOR和MOE有大幅度的提高,这是由于玻璃纤维本身的静曲强度很高,直径10 μ 以下时可达 1.0×10^3 MPa,5 μ 以下达 2.4×10^4 MPa,大大超过了各种天然材料和合成纤维及普通钢材;同时,玻璃纤维的弹性模量也远比木质复合材料高,约为 7×10^4 MPa,与纯铝相近,是普通钢材的1/3,已成为非常有效的增强材料。另外,由于亚麻屑的堆积密度小,压缩系数高,以及其高木素含量和亚麻屑表皮细胞矿物质化等诸多原故,故使得复合板的MOR和MOE均有所提高。

3 结论

1)采用本试验确定的工艺参数试制的三倍体毛白杨与玻璃纤维复合板,其性能达到或超过欧共体定向刨花板(PrEN 300-940SB/4)标准要求,可作为工程结构材料使用。

3 结论

木材经微波处理后某些性质得到不同程度的改善,特别是硬阔叶树材改性效果更明显。

1)微波处理使木材细胞壁上纹孔膜等薄弱环节破坏。

2)微波处理使木材中的浸提物析出或重新分布。

3)微波处理使木材的密度降低,弦径向干缩率之比增加,木材的吸水量增加,干燥速度加快。

致谢:该课题由我国著名木材工业专家王恺教授提出,并对研究给予了指导,在此表示深深的谢意。

参考文献:

- [1] Microwave Modified Timber-"Torgvin"[Z]. The Future of Eucalyptus Products Symposium, 2000.
- [2] Microwave Pre-treatment for Rapid Hardwood Timber Drying and Stress Relaxation[Z]. The Future of Eucalyptus Products Symposinm, 2000.

2)与普通三倍体毛白杨PF刨花板相比,三种组合形式复合板的物理力学性能的复合效应为: $\Delta\rho$ 为10.67%~12.00%; ΔMOR 为48.61%~122.16%; ΔMOE 为25.09%~76.68%;但内结合强度和含水率下降, ΔIB 为-7.45%~-22.34%, ΔMC 为-7.32%~-15.85%; ΔTS 为-3.09%~40.45%。

参考文献:

- [1] Kollmann F F P, Kuenzi E W, Stamm A J. Principles of Wood Science and Technology. Wood-Based Materials [M]. Springer-Verlag, New York, 1975.
- [2] 鲍甫成. 中国木材科学近期主攻方向[J]. 世界林业研究, 1994, (6): 1~5.
- [3] 张双保, 等. 木质复合材料研究(连载之一)[J]. 北京木材工业, 1997(3): 28~33.
- [4] 张志毅、朱之梯. 毛白杨三倍体新品种及其良种繁育与栽培技术[Z]. 北京林业大学毛白杨研究所, 2000, 1~2, 15.
- [5] 郑华. 三倍体毛白杨爆破制浆和机理初步研究[D]. 北京林业大学硕士学位论文, 1999.
- [6] 葛明裕, 等. 木材加工化学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1985.
- [7] 宋焕成, 赵时熙. 聚合物基复合材料[M]. 北京: 国防工业出版社, 1986.
- [8] 陆仁书. 胶合板制造学(第二版)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [9] 定向结构板标准起草小组. 中华人民共和国专业标准定向结构板(定向刨花板)[S]. 国家林业局发布, 1997.
- [10] 朱伟勇, 等. 最优设计在工业中的应用[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993.
- [11] 张双保. 三倍体毛白杨木材与玻璃纤维复合材料复合工艺和复合效应的研究[R]. 中国林业科学研究院博士后研究报告, 2002.