

讨论与建议

微波预处理加速阔叶树材干燥的技术分析

周永东¹, Grigory Torgovnikov², Peter Vinden², 傅峰¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. Department of Forest and Ecosystem Science, University of Melbourne, Creswick, Victoria 3363, Australia)

摘要: 微波用于阔叶树木材预处理,可缩短木材的干燥时间;降低木材干燥降等损失、增加高质量木材出材率,为大截面木材干燥提供了可能性;减少了贮存场地及占用资金,降低了木材运输费用。澳大利亚的应用研究结果表明,微波处理费用只占低质量木材价格的4.1%~4.9%,或高质量木材价格的2.3%~2.8%。

关键词: 微波; 预处理; 木材干燥; 渗透性; 澳大利亚; 桉树

中图分类号: S782.31 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)01-0023-03

Technological Analysis of Microwave Pretreatment for Fast Drying of Hardwood

ZHOU Yong-dong¹, Grigory Torgovnikov², Peter Vinden², FU Feng¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Department of Forest and Ecosystem Science, University of Melbourne, Creswick, Victoria 3363, Australia)

Abstract: Drying time of hardwood can be remarkably shortened by microwave (MW) pretreatment. Wood degradation with MW pretreatment, compared with a traditional long seasoning process, was decreased and high quality timber yield was increased. A cost-effective analysis showed that the MW pretreatment was about 4.1% to 4.9% of the price of low quality dried lumber, or 2.3% to 2.8% of high quality lumber.

Key words: microwave; pretreatment; wood drying; permeability; Australia; *Eucalyptus*

木材干燥是木制品加工过程中不可或缺的生产环节,也是能耗最高的工序。由于阔叶树材的渗透性低,使木材干燥周期延长,耗能大,且干燥缺陷增多、干燥降等、干燥成本高等问题突出。微波处理可改善木材的渗透性,因此,笔者对微波作为干燥前的预处理技术,及技术应用的经济性进行了分析,旨在为微波预处理技术在我国木材工业中的应用提供参考。

1 微波预处理的应用

微波处理使高含水率木材的细胞内集聚蒸汽压

力,并在高蒸汽压作用下,木材细胞壁的纹孔膜、导管中的侵填体,以及强度较弱的射线细胞被破坏,从而形成水分容易移动的通道。澳大利亚专家在微波处理对木材构造、材性的影响等方面,进行了系统研究,结果表明,对于渗透性较低的木材,经微波处理后,沿木材径向及长度方向上的渗透性可提高几千倍^[1]。

对于30~50 mm厚硬阔叶树木材,采用微波能耗为70~110 kW·h/m³预处理时,可降低含水率4%~11%,使整体干燥时间缩短50%左右;当微波能耗为100~180 kW·h/m³时,木材含水率可降低12%~32%,木材干燥速度提高5~10倍^[2],但此时木材发生表裂及内裂的可能性则显著增加。

澳大利亚主产桉树木材,为减少干燥开裂、皱缩等缺陷发生,通常在窑干前要进行长时间的气干。而微波预处理技术,为木材锯解后立即进行窑干提供了

收稿日期: 2009-12-25; 修改日期: 2010-11-22

基金项目: 引进国际先进林业科学技术项目(2006-4-99)。

作者简介: 周永东(1968—),男,中国林科院木材工业研究所研究员,博士。

通讯作者: Grigory Torgovnikov, 男,澳大利亚墨尔本大学林业与生态系统科学系教授。

技术基础,并解决了高含水率木材,在窑干时易发生皱缩的问题,有效提高了高质量木材的出材率。

经微波处理的桉木,可不再需要3~6个月的气干,且窑干时间可缩短2~3周;经微波处理的红橡(*Quercus rubra*)木材总干燥时间,由60天缩短到12天,同时降低了木材运输、存贮及人工的费用^[3]。

斜叶桉(*Eucalyptus oblique*)木材经微波预处理后,干燥时间较未处理缩短了50%~90%^[2]。白橡

(*Q. alba*)、红橡及槭木(*Acer spp.*)木材的试验亦表明,微波处理可缩短总干燥时间,且木材的强度、硬度、胶合强度等,以及加工性能与对照材均无显著差异^[3]。

采用能耗为70~110 kW·h/m³的微波,处理斜叶桉、弹丸桉(*E. pilularis*)、柳叶桉(*E. saligna*)、王桉(*E. regnans*)、边缘桉(*E. marginata*)及亮果桉(*E. nitens*)等试材,试验后与对照材的干燥质量对比,如表1所示。

表1 微波预处理工艺对桉木干燥缺陷的影响

Tab. 1 The influence of MW pre-treatment on drying defects of some Eucalyptus species lumber

桉木种类	纹理方向	截面尺寸/mm	初含水率/%	微波频率/MHz	微波功率/(kW·m ⁻³)	微波能量/(MJ·m ⁻³)	与对照材对比
斜叶桉	弦切板	32×110	70~90	2 450	24.40	270	开裂数量减少
斜叶桉	径切板	32×112	92~118	2 450	27.00	280~300	无差别
柳叶桉	弦/径	45×108	65~80	2 450	14.30	270	无差别
弹丸桉	弦/径	45×108	50~74	2 450	14.30	310	无差别
边缘桉	弦/径	45×107	81~112	2 450	13.00	270	开裂数量减少
亮果桉	弦/径	28×100	70~130	2 450	32.00	320~350	无差别
王桉	径切板	45×180	95~112	922	6.20	280~320	无差别

从表1可看出,在同样干燥条件下,木材开裂的数量及程度与对照材没有明显差别,斜叶桉和边缘桉的开裂还略有下降^[4]。综合分析表明,窑干前的微波预处理,有益于提高难干阔叶树材的干燥速度,减少干燥缺陷,增加木材出材率。

2 微波预处理技术及设备

微波预处理技术应用于锯材厂时,无需对原设备及工艺做较大调整,锯解后的生材可直接采用微波设备进行预处理,然后再使用常规干燥窑干燥。

在澳大利亚,目前进行微波预处理的工业微波频率为2 450、922 MHz两种。图1为墨尔本大学创新中心,2005年用于处理大截面(枕木)木材的中试装置。该设备主机功率由3个100 kW的微波源组成,

微波频率为922 MHz,全套设备由进给系统、处理系统、监控系统等组成,年处理能力达1万m³,可处理最大锯材尺寸为4 700 mm×200 mm×300 mm,原木最大直径为350 mm。

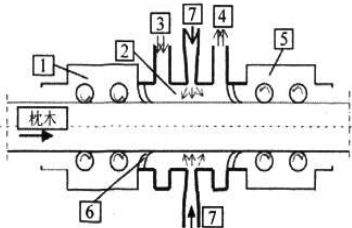
3 技术经济分析

木材微波预处理经济分析的基本参数有:

- 1) 按木材处理能力2.4万m³/年,每天3班,全年工作时间6 000 h;或按处理能力1.6万m³/年,每天2班,全年4 000 h;
- 2) 微波设备功率按360 kW计;
- 3) 频率为922 MHz的设备造价为142.80万澳元(AU\$),频率为2 450 MHz的设备造价为234.80万AU\$;
- 4) 微波设备全自动控制,或一个操作员;

- 5) 频率为922 MHz设备,能耗按113 kW·h/m³;频率为2 450 MHz设备,能耗按127 kW·h/m³;
- 6) 当地电价为0.06~0.12 AU\$ / kW·h;
- 7) 设备折旧率为17%。

估算成本中还包括:设备投资、维护费、磁电管更换、人工、场地及电费等,但不包括设备安装、电力连接、非直接成本及纳税等费用。分析结果见图2。



1. 进给系统; 2. 微波辐射腔; 3. 空气入口; 4. 空气出口; 5. 出料系统; 6. 微波抑制器; 7. 微波

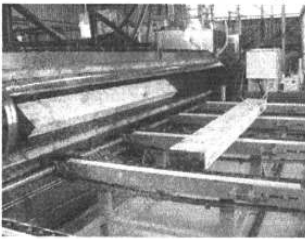
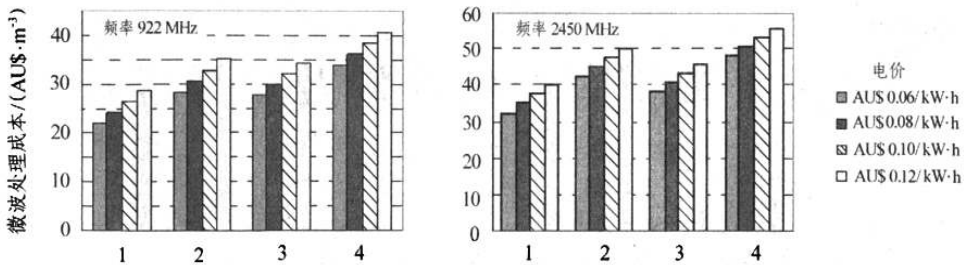


图1 木材微波处理设备示意图(左)及出料端(右)
Fig. 1 Sketch of MW pretreatment process (left) and lumber after the treatment (right)



横坐标: 1.全自动, 3班/天, 2.4万 m³/a; 2.全自动, 2班/天, 1.6万 m³/a; 3. 1个操作员, 3班/天, 2.4万 m³/a; 4. 1个操作员, 2班/天, 1.6万 m³/a

图2 预处理产量及不同电价下影响木材微波预处理的成本

Fig. 2 Effects of plant production and electricity costs on the MW pretreatment cost analysis

由图2可看出,①对于全自动设备的微波处理费用,当电价从低价增加到0.12 AU\$/kW·h时,微波处理费用增加16%~29%;②一名操作工人与全自动设备比较,设备频率为922 MHz时,微波处理费用增加11%~17%;设备频率为2450 MHz时,微波处理费用增加16%~25%;③由于设备费用和电耗均较高,因此,频率高的设备,处理费用高于频率低的设备。

按电价0.08 AU\$/kW·h及年产2.4万 m³(3班/天)、年产1.6万 m³(2班/天)分别计算,微波处理木材的各项费用及其占总处理费用的百分比,见表2。

表2 微波处理各项费用分布

Tab. 2 Cost analysis of MW pre-treatment

费用项目	频率 922 MHz				频率 2450 MHz			
	a		b		a		b	
	AU\$/m ³	%	AU\$/m ³	%	AU\$/m ³	%	AU\$/m ³	%
设备投资	10.12	34	15.17	42	16.63	41	24.95	49
磁电管更换	2.67	9	2.70	7	5.00	12	5.00	10
维护	1.19	4	1.79	5	1.96	5	2.94	6
电力	9.04	30	9.04	25	10.16	25	10.16	20
人工	5.63	19	5.63	16	5.63	14	5.63	11
场地	1.25	4	1.88	5	1.25	3	1.88	4
合计	29.89	100	36.20	100	40.62	100	50.54	100

注:a. 年产2.4万 m³(3班/天); b. 年产1.6万 m³(2班/天)。

从表2中可见,设备投资占总费用的34%~49%,电费占20%~30%,人工费用占11%~19%。每天3班生产的企业效益更好。

与锯材价格相比,微波处理增加的费用并不显著。微波处理费用一般为30~36 AU\$/m³,通常只占低质量木材价格的4.1%~4.9%,而对于高质量木材,只占其价格的2.3%~2.8%。例如,澳大利亚质量较好的王桉木材,售价在730~1300 AU\$/m³,但经微波处理后,木材出材率和干燥质量提高所带来的增值利益,则明显增加。

4 微波处理技术应用前景

木材微波预处理具有很多优点,但也存在着一些问题:1) 根据树种不同,需要有对应的优化处理工艺参数;2) 并不是对所有木材均能起到改善渗透性的作用;3) 对设备的技术要求较高,如微波处理腔形状、微波泄漏的防护、系统的效率等。这些问题在澳大利亚的科研单位进行了多年研究,中试已经开展近5年,但与大规模地实现工业化推广应用还有差距。

我国阔叶树材加工市场庞大,尤其是名贵的阔叶树木材的干燥技术,亦是当前企业亟需解决的问题;此外,微波预处理在木材防腐、阻燃及新材料的加工方面也有着较好的应用前景。国产的高功率微波源技术已经过关,这些都为微波处理技术在我国木材工业中的应用,提供了良好的基础。但目前我国尚需从国外引进微波预处理技术。因此,我国应加强对国外技术的消化吸收和创新,开发出与国情相符的干燥技术与工艺,以满足我国木材干燥的市场需求,提高木材产品的干燥质量,实现节能减排的目标,为我国木材工业做出贡献。

参考文献:

- [1] Torgovnikov G, Vinden P. High intensity microwave wood modification for increasing permeability[J]. Forest products Journal, 2009, 59(4): 84-92.
- [2] Vinden P, Torgovnikov G. The physical manipulation of wood properties using microwave[C]. Proceeding of International Conference of IUFRO: The Future of Eucalypts for Wood Production. Tasmania, Australia, 2000: 240-247.
- [3] Compere A L. High-speed microwave treatment for rapid wood drying[R]. US Department of Energy, Forest Products Industry of the Future, 2005: 229-236.
- [4] Harris G, Torgovnikov G, Vinden P, et al. Microwave pre-treatment of back sawn messmate boards to improve drying quality: Part 1[J]. Drying Technology, 2008, 26(5): 579-584.

(责任编辑 鲍加芬)