

阔叶树小径材热压干燥工艺的研究

叶翠仙

(福建农林大学林产工业系, 福建南平 353001)

摘要: 通过对荷木和米槠两种华南地区常用阔叶树小径材薄板材热压干燥工艺的研究, 探讨热压干燥工艺参数对小径材板材干燥质量(包括密度、厚度压缩率、尺寸稳定性及部分力学性能)的影响。试验结果表明, 热压干燥工艺可以大大改善小径材的物理力学性能。

关键词: 小径材; 阔叶树; 薄板材; 热压干燥; 干燥质量

中图分类号: S781.81, TS652 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2001)01-0015-03

Study on Platen-drying Technology of Board from Deciduous Small-diameter Logs

YE Cui-xian

(Department of Forest Products Industry, Fujian Agricultural and Forestry University, Nanping 353001, Fujian)

Abstract: In this paper, the platen-drying technology for board from two species of deciduous small-diameter logs (*Schima superba* and *Castanopsis carlesii*) was studied. The effects of platen-drying parameters on drying quality of the tested specimen (include density, thickness losses, dimensional stability as well mechanical properties) were discussed. The results of the experiment showed that the properties of board from deciduous small-diameter logs could be improved greatly by using platen-drying technology.

Key words: Small-diameter log; Deciduous tree; Board; Platen-drying; Drying quality

荷木、米槠是福建省分布较广泛、应用较多的树种。在采用常规气干、窑干工艺时, 木材易发生翘曲、开裂、变形等缺陷而降等, 其小径材因幼龄材比率高、材质差, 形状与尺寸不稳定, 不易干燥等缺陷, 几乎都用作薪炭材。自80年代以来, 国外一些地区开始应用热压干燥工艺, 可提高木材干燥速度, 改善干燥质量, 减少翘曲变形, 改善了木材物理力学性能^[1~3]。本研究试图采用热压干燥的方法, 通过优化工艺条件, 以提高荷木、米槠等阔叶树小径材的干燥质量, 从而拓宽小径材在家具、室内装饰材料领域的应用。

1 试验材料、设备与方法

1.1 试验材料

荷木(*Schima superba*)和米槠(*Castanopsis car-*

lesii), 均取自福建省南平市西芹林场, 树龄约10~15年, 直径10~16 cm。试件尺寸为350 mm×50 mm×15(25) mm, 每种树种取36块, 在同一板材上锯制。烘箱烘干, 测定其初含水率和密度。试件两端为新锯开截面, 再四面刨光, 观察缺陷的发生及发展情况。

1.2 试验仪器设备

QD型试验热压机; 101-6型烘箱; 木材万能力学试验机; MP120-1电子称; 架盘天平; 游标卡尺等。

1.3 试验方法

试验按照 $L_9(3^4)$ 正交方案进行, 各因素水平的取值见表1。

垫网采用2种规格金属网, 粗垫网厚度1.5 mm, 网格间距5 mm; 细垫网厚度0.5 mm, 网格间距2 mm。每一树种分为9组, 每组4块, 其中2块经过2 h水煮处理, 然后与未处理材在同一条件下进行热压干燥至含水率8%以下, 以干燥时间、干燥质量(包括密度、厚度压缩率、厚度回弹率)为指标, 评估其与试

验因素间的相互关系及对板材物理力学性能的影响。

表 1 各因子水平

Tab. 1 Levels of factors

水平	因子		
	压力/MPa	温度/℃	垫网规格
1	0.5	130	未用
2	1.0	150	粗网
3	1.5	180	细网

2 结果与分析

2.1 试验结果测评

(1)试件初含水率($W_{初}$)及素材密度测定 分别按 GB 1931-91 和 GB 1933-91 的方法测定。

(2)干燥时间与厚度压缩率 R (含干缩率)测定 测量各试件初始厚度 T_1 (每块试件上测 2 点,取平均值)。开始干燥后每 5 min 快速称重一次,直至各组试件干燥到含水率在 8% 以下,记录总干燥时间,立即测量厚度 T_2 ,按下式计算厚度压缩率 R 。

$$R=\frac{T_1-T_2}{T_1}\times 100$$

(3)热压干燥后试件厚度回弹率 H 的测定 干燥结束后试件在自然条件下陈放 5 天,使其应力均衡,测定试件厚度,计算厚度回弹率 H 。

$$H=\frac{H_2-H_1}{H_0-H_1}\times 100$$

式中: H_0 —干燥前的试件厚度/mm;

H_1 —热压干燥后的试件厚度/mm;

H_2 —吸湿或吸水后的试件厚度/mm。

15 mm 厚的荷木与米楮经水煮处理 2 h 后热压干燥的结果列于表 2。

表 2 15 mm 厚荷木、米楮的热压干燥结果

Tab. 2 Test results of platen-drying from 2 species board (thickness 15 mm)

组号	含水率/% ($W_{初}/W_{终}$)		干燥时间 min		厚度压缩率/% (含干缩率)		厚度回弹率 %	
	荷木	米楮	荷木	米楮	荷木	米楮	荷木	米楮
1	50.9/5.2	34.5/5.9	40	30	8.4	7.5	13.2	17.0
2	40.3/5.2	63.3/6.4	45	50	10.5	12.4	9.8	15.0
3	40.8/5.2	48.4/7.5	45	65	23.9	29.0	1.9	30.2
4	43.1/2.1	49.5/0.3	25	25	4.5	8.3	18.5	5.6
5	73.3/2.4	74.3/7.5	25	35	13.2	15.6	16.7	17.0
6	73.2/1.6	53.4/0	20	—	39.1	—	10.9	—
7	81.5/5.3	59.3/7.0	15	20	7.0	6.9	25.5	14.1
8	42.2/4.5	38.3/4.7	10	10	10.1	8.1	10.2	19.8
9	78.8/6.3	75.2/7.3	20	30	27.9	30.3	1.5	8.5

注:第 6 组试验中,米楮试件有节子

2.2 结果分析

对试验结果进行方差分析,根据极差大小排列出各工艺参数及各参数间的交互作用对干燥时间、厚度

压缩率和回弹率的影响显著程度。

2.2.1 干燥时间 将试件干燥到 8% 以下含水率所需的时间与热压温度、木材初含水率、垫网类型的关系较为密切,其中高度显著的因子是热压温度。随着热压温度的提高,干燥时间成倍减少,但温度过高对木材表面有炭化作用,荷木和米楮适宜的温度取值范围均为 150~180 ℃。初含水率对干燥时间的影响为显著,并与树种本身材质结构有关。如荷木属散孔材,且质地较松软,在相同条件下干燥,水分从试件内部向外蒸发较快,因此试件初含水率对干燥时间的影响较米楮(环孔材)显著^[4,5]。

垫网对干燥时间也有一定影响,因为在热压板与试件之间放入垫网后,可降低试件从外到里的温度梯度,从而加速试件内水分向外蒸发的速度,缩短干燥时间;同时木材内部蒸汽分压力降低,也可减少木材在加压过程中产生的结构破坏,如鼓泡、开裂等^[1]。压力和水煮处理对干燥时间的影响不显著。

2.2.2 密度与厚度压缩率 在热压干燥中,各工艺参数对 2 种树种试件密度与厚度压缩率的影响几乎相同。高度显著的因子是热压压力和热压时间,增大热压压力和延长热压时间将使试件的厚度压缩率急剧增大,但密度的提高与板材厚度及材质构造有关,当板材厚度较小和材质较硬时,增大压力和延长热压时间易使板材压溃。本试验以控制厚度压缩率最小为前提,确定荷木和米楮适宜的压力均为 0.5~1.0 MPa。试件的初含水率、热压温度对试件密度与厚度压缩率有一定影响,但不明显(本试验用试件的初含水率均在纤维饱和点以下)。在相同的热压压力下,温度越高,试件含水率也高时,纤维在高温高湿作用下容易被软化而被压缩。同时由于试件表层先接触热压板,温度上升较快,芯层温度则上升较慢,致使试件厚度方向上的密度分布呈外高内低。在没有采用垫网的工艺中,木材表面还将产生局部的塑性变形,表面变得平整、光滑,达到使表层致密化的目的^[6]。但温度太高,如 200 ℃ 时,容易造成试件表面炭化,在同样的温度下,垫网可较大幅度预防和减少温度对板材表面颜色的影响。

试件的水煮处理即初含水率的高低对厚度压缩率也有一定的影响^[7]。但以上各因子的作用与树种本身的构造有关,树种的材质越软,则厚度压缩率越大。

2.2.3 形状与尺寸稳定性 由于木材自身的干缩湿胀性和结构上各向异性,使木材在干燥过程与实木制品的使用过程中难免发生翘曲、变形及开裂等缺陷。热压干燥工艺可通过高温作用降低纤维素分子上游

离羟基的数量,从而降低了木材的吸湿、解湿能力;同时在水分存在的条件下,热压干燥后木材密度提高,减少了内部空隙率,也阻碍了水分子在木材内的扩散,从而提高了木材的尺寸稳定性。

将干燥后的试件自然陈放 5 天,使其应力均衡,观察其形状、尺寸变化情况,并分别测量各试件干燥后的横弯($W_{横}$)、顺弯($W_{顺}$)及扭弯(N),按下式换算成每块试件的总翘曲度均值 C 。

$$C=1/3(W_{横}+W_{顺}+N)$$

每组试件总翘曲度均值 C 的计算结果和外观质量量列于表 3。

表 3 热压干燥后的木材外观质量

Tab. 3 Lumber appearance quality after platen-drying

序号	总弯曲度 C		端裂条数	
	荷木	米楮	荷木	米楮
1	0.38 (0.67)	0.38 (1.10)	0	0
2	0 (0.29)	1.40 (1.02)	0	0
3	0.19 (0.48)	0.29 (0.83)	0	0(2)
4	0	0 (0.38)	0	0
5	0	0.29 (0.83)	0	0
6	0 (1.43)	— (2.01)	0	—(2)
7	0.29 (0)	1.30 (1.59)	0(4)	3(1)
8	0 (0.19)	0.57 (0.83)	0	0
9	0.29 (0.48)	0 (1.86)	0	0(2)

注:1. 括号内数字为 25 mm 厚试件的测定值;2. 米楮第 6 号 15 mm 厚试件节子处开裂;3. 15 mm 厚试件的 7~9 号材色加深

由于试件多为弦切板,所以干燥后的翘曲变形以横弯为主。将一半试件从中间截断,个别米楮试件有内裂。另一半试件暴露于室温、相对湿度为 80% 的条件下吸湿,之后又于温度 60℃、相对湿度 12% 的条件下解湿,每次吸湿、解湿循环的含水率的变化范围为 5%~10%,处理后尺寸的变化与常规烘干材相比明显变小。试验证明,加压干燥能较好地改善板材的形状与尺寸稳定性^[8]。

2.2.4 力学性能 常规干燥的小径材力学性能一般较低。针对本试验主要考察小径材加压干燥后在家具上的应用,所以重点检验试件的静曲强度、抗剪强度、抗劈性能 3 项指标。其中静曲强度是衡量小径材能否用作横向构件或弯曲构件的最为重要的指标;锯材用于作家具零、部件时,常常采用榫接合、钉接合、木螺钉及螺栓连接,在使用过程中,榫接合处和螺栓连接处将产生平行或垂直于纤维的剪切应力而破坏,所以顺纹抗剪强度是影响构件耐久性的因子之一;而抗劈力对木材的握螺钉力、切削阻力及其它工艺性质都有较密切的关系,也是选择家具用材的参考指标^[9]。

在以上试验基础上,采用优化后的工艺参数,并按按照 $L_1(2^3)$ 方案对 25 mm 厚试件再次进行试验,干燥结

束后测量部分物理力学性能,试验结果列于表 4。

表 4 25 mm 厚荷木、米楮试件热压干燥后力学性能指标均值

Tab. 4 Average value of mechanic properties from 2 species board in platen-drying (thickness 25 mm)

试验因子		密度 g/cm ³		抗弯强度 MPa		顺纹抗剪强度 MPa		抗劈力 N/mm	
压力 MPa	温度 ℃	荷木	米楮	荷木	米楮	荷木	米楮	荷木	米楮
0.5	150	0.703	0.673	163.7	171.6	12.1*	11.3*	18.9*	17.5*
1.0	150	0.783	0.751	159.6	168.1	18.2*	14.8	22.7	20.2
0.5	180	0.746	0.714	148.2	164.9	15.8	13.4*	21.7	19.8
1.0	180	0.753	0.721	150.9	187.2	13.0*	11.5*	20.3*	18.3*
常规干燥									
的大径		0.638	0.591	95.7	91.1	11.7*	10.4*	15.8*	16.4*
级锯材 ^[9]									

注:1. * 表示弦面;2. 部分米楮试件有轻微内裂;3. 未水煮处理

由表 4 可见,加压干燥后小径材试件的密度及以上各项力学性能指标均有较大提高,且比常规干燥的大径级锯材的力学性能指标还高,完全能满足在家具、室内装饰材料的使用要求。

3 结论

1) 荷木、米楮小径材薄板采用热压干燥法是可行的,具有干燥质量好、高效的优点。

2) 热压干燥的各工艺参数(包括温度、压力、垫网)对干燥时间和干燥质量都有一定的影响。但树种不同,其工艺条件也有差别。从综合性能出发,荷木与米楮合理的工艺参数为:热压温度 150℃,压力 1.0 MPa,经过 2 h 的水煮处理,采用细垫网。对于表面要求光滑、密实的板材,可用较低温度直接加压干燥。

3) 除本试验所考虑的因素外,板材的初含水率、年轮角度、厚度尺寸等因素对干燥时间和干燥质量指标也有影响,而且考察指标侧重点不同,优化的工艺条件也应不同。

4) 热压干燥法设备简单,普通热压机就能满足生产需要,投资少,特别适于乡镇企业对小径材、速生材资源的精、深加工,如实木家具、木地板及工艺品等小规格零部件的生产。

参考文献:

[1] 蔡家斌,等. 热压干燥工艺因素对速生材材性及干燥质量的影响[J]. 林产工业,1998,25(1):18~20.
[2] Sandoe M D, et al. Glueability of Platen-dried Veneer of Douglas Fir[J]. Forest Products Journal,1983,33(7):15~18.
[3] Peter Y S Chen, Frank E Biltonen. Effect of Prefreezing on Press-drying of Black Walnut Heartwood[J]. Forest Products Journal,1979,29(2):48~50.
[4] 陆肖宝. 一种值得尝试的单板干燥方法—热压干燥[J]. 林产工业,1992,19(4):16~18.

(下转第 22 页)

有物理力学性能好、无甲醛释放以及防水性好的特点,是一种绿色产品。此项技术既适用于对现有刨花板或中密度纤维板厂进行技改,技改后的生产线可以生产木材刨花板,也可以生产麦秸均质板;也可以新建一条完全生产麦秸均质板的生产线。由于麦秸来源广泛,价格低廉,生产过程中能耗低,因此麦秸均质板的生产成本与木材刨花板相比略低或持平。

1.2 主要工艺流程

(1) 双原料工艺流程

备料 1(麦秸) → 干燥 → 筛选 → [施胶 1] → 铺装 → 热压
备料 2(木材) → 干燥 → 筛选 → [施胶 2] → 铺装 → 热压
→ 锯边 → 检验

(2) 单一麦秸均质板生产线工艺流程

麦秸原料 → 碎料制备 → 筛选 → 干燥 → 筛选 → 施胶 → 铺装
→ 热压 → 锯边 → 检验

2 主要物理力学性能指标

麦秸均质板由于采用异氰酸酯(MDI)胶粘剂,因而具有了普通中密度纤维板和刨花板所没有的优良性能,如无甲醛释放、防水性好、剖面密度均匀以及再加工性好等特点,另外其常规的物理力学性能也非常优异,见表 1。

表 1 麦秸均质板与木材刨花板的性能对比

Tab. 1 Property comparison between wheat-straw homogenous board and particleboard

物理力学性能指标	木材刨花板	麦秸均质板
密度 / (g · cm ⁻³)	0.50~0.85	0.74
含水率 / %	5.0~11.0	6.3
静曲强度 / %	15	34.5
内结合强度 / MPa	0.35	0.62
表面结合强度 / MPa	≥0.9	0.88
吸水厚度膨胀率 / %	8	3.2
垂直板面握钉力 / N	1100	1449
游离甲醛释放量 / mg · (100g) ⁻¹	≤30	≤2

注:木材刨花板指标为 GB/T 4897-92, A 类板(13~20 mm 厚)的指标

3 投资规模及效益分析

3.1 投资规模

根据我国具体情况,麦秸均质板的投资规模可以分为以下两种情况:一是现有刨花板厂及纤维板厂的技术改造,投资少见效快。根据现有工厂规模大小,投资 50 万~80 万元进行技术改造即可以生产产品;二

是投资建新厂。根据我国实际情况,以年产 5 000 和 15 000 m³ 两种规模为宜。年产 15 000 m³ 需要设备投资 400 万~500 万。

3.2 经济效益

麦秸均质板的主要生产原料为麦秸和树脂。麦秸原料来源广泛,价格低廉,生产 1 m³ 板材采用麦秸要比采用木材原材料成本低 40%~50%;据初步测算,麦秸原料在生产过程中能耗与木材原料相比大幅度降低,约降低 30%~40%;所采用的异氰酸酯树脂(MDI)与传统的脲醛树脂相比,胶合性能优良,但价格较高。因此,综合各种成本消耗,麦秸均质板的生产成本要低于木材刨花板。另外,麦秸均质板的各项性能要远远优于普通木材刨花板。因此,与普通木材刨花板相比,麦秸均质板质优价廉,市场前景广阔。

3.3 社会效益

麦秸均质板生产过程需要大量麦秸。据测算,年产 15 000 m³ 的麦秸均质板厂年消耗麦秸的数量为 12 000 t 左右。如以 120 元 / t 计算,其价值为 144 万元。即每新建一个 15 000 m³ 的刨花板厂,可以为当地农民增加 144 万元的收入,对贫困地区的脱贫和解决就业有着积极的社会意义。另外,麦秸的有效利用,对解决由于麦秸焚烧引起的环境污染问题,节约森林资源,有着重要的环境效益。

4 结论与建议

1) 采用麦秸为原料生产人造板在技术上是可行的,符合国家环保政策。

2) 采用麦秸为原料解决了农村大量麦秸的出路,可使农民获得二次收获。

3) 采用麦秸为原料生产人造板,可为已经关闭的小造纸厂提供新的市场契机,为农村剩余劳动力提供新的就业机会。

4) 麦秸均质板具有良好的物理力学性能,质量可与木材人造板相媲美。

5) 国家花费大量人力、财力寻求解决的麦秸处理问题得以解决。我国目前对部分地区的森林采取限伐和禁伐的政策,使部分刨花板及中密度生产企业原料供应趋于紧张,麦秸均质板的开发和生产将使这一矛盾得到缓解。

(上接第 17 页)

- [5] 赵小矛,等. 桦木、柞木小径材刨切薄板热压干燥的研究[J]. 木材工业,1998,12(2):12~15.
- [6] 张上镇,等. 热烫处理对杉木表面性质的影响[J]. 林产工业(台湾),1986,16(2):157~160.

- [7] 杨文斌,等. 蒸煮工艺对木材干燥的影响[J]. 林业科技开发,1996,2:25~27.
- [8] 中岛厚. 桦木热压干燥试验[J]. 林产试验场报(日本),1994,8(2/5):1~7.
- [9] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985.