

桦木、柞木小径材刨切薄板 热压干燥的研究

赵小矛 张帝树*

摘要 对桦木、柞木两树种小径材刨切薄板(213 mm×70 mm×4 mm)热压干燥工艺的研究,着重探讨了:(1)热压干燥对桦木、柞木小径材刨切薄板翘曲度的影响;(2)热压干燥工艺参数及其交互作用与板片终含水率及厚度压缩率的关系,建立多元线性回归方程;(3)通过电镜分析,确定桦木、柞木小径材刨切薄板的优化干燥工艺条件。

关键词 小径材; 刨切薄板; 热压干燥

A Study on Platen-dried Sliced Veneers from Small-diameter Logs of Birch and Oak

Zhao Xiaomao Zhang Dishu

(Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract The paper discussed three aspects of platen-drying sliced veneers from small-diameter logs of two species(*Betula platyphylla*, *Quercus mongolica*): (1) the influence of platen-drying upon the warp of the veneers; (2) the relation between platen-drying parameters(include their interactions) and final MC as well as thickness losses of the experimental materials, and a regression equations were established; (3) the platen-drying parameters of the veneers were optimized according to testing microcosmic structure of the veneers via scanning electron microscope.

Keywords Small-diameter logs; Sliced veneer; Platen-drying

1 前言

小径材刨切薄板(以下简称切板,厚度4~6 mm)的干燥,是小径材利用中的关键技术之一^[1]。小径材的幼龄材比率高,干燥时容易变形。试验证明:用常规窑干法干燥桦木、柞木小径材切板,在干燥过程中容易产生翘曲,加之切板的规格小(213 mm×70 mm×4 mm),码垛颇费工。而热压干燥具有快速、节能,干后板片平直、光洁等优点^[2,3],但在干燥较厚板材时,很难避免产生内裂^[3]。

从理论上讲,将热压干燥法用于切板的干燥,是因板片厚度小,干燥过程中含水率梯度及温度梯度相对锯材要小,又因小径材中幼龄材的比比较大,其内含物含量低,有利于中间水分向外部蒸发,干缩不同步引起的干燥应力就小,板片不易产生内裂,并可获得平直、光洁的干板片。

本文将通过试验论证切板采用热压干燥的可行性,并通过对热压干燥工艺的研究确定切板优化干燥工艺条件。

2 试验设备与试验材料

2.1 主要试验设备

切板机	BB152-1 型
热压机	单层普通型
电子天秤	DJ200 型
离子溅射仪	IB-3 型
扫描电子显微镜	TOSHIBA S-520 型

2.2 试验材料

2.2.1 试材树种 桦木(*Betula platyphylla*)、柞木(*Quercus mongolica*),原木直径12~16 cm,产地黑龙江省。

2.2.2 试件规格 桦木和柞木试材经蒸煮、软化后刨切成213 mm×70 mm×4 mm(长×宽×厚)的板片。

收稿日期 1997-12-30

*本文作者分别为北京林业大学讲师、教授,北京 100083

3 试验条件与结果

3.1 试验因素的确定

热压温度 $t(^{\circ}\text{C})$, 热压时间 $\tau(\text{min})$, 压板压力 $P(\text{MPa})$ 及板片初含水率 $M_0(\%)$ 是影响板片干燥质量的主要因素^[4]。

本研究以气干法将 M_0 控制在 $30\% \sim 100\%$ 之间, 分有多个水平。试验中根据试件实测初含水率及其它三个因素水平的取值分别见表 1。

表 1 各因素所取水平

Tab. 1 Levels of experiment factors				
M_0		$t(^{\circ}\text{C})$	$\tau(\text{min})$	$P(\text{MPa})$
桦木	柞木			
99.6	88.3	150	3	0.1
86.5	61.7	180	4	0.3
64.0	62.5	210	5	0.5

3.2 试验评价指标

以热压干燥板片的终含水率 M 及厚度压缩率 H 为评价指标, 研究它们与试验因素(见表 2)间的相互关系, 并研究热压干燥对桦木、柞木小径材切板翘曲度 W 的影响。

试验按照 $L_{27}(3^{13})$ 正交方案, 在普通单层热压机上进行, 每树种分为 27 组试验(每组 8 块试件)。

3.2.1 翘曲度的检测

(1) 试件编号 分别测量各试件干燥前、后横向翘曲($W_{\text{横}}$)、纵向翘曲($W_{\text{纵}}$)及扭曲(T), 按下式换算成每块试件的总翘曲度 W :

$$W = 1/3(W_{\text{横}} + W_{\text{纵}} + T) \dots\dots\dots (1)$$

(2) 计算各试件干燥前、后总翘曲度均值 $\overline{W}_{\text{干前}}$ 及 $\overline{W}_{\text{干后}}$, 记录见表 2。

表 2 干燥前后试件平均翘曲度(%)

Tab. 2 Average warpage of specimen before and after drying		
树种	$\overline{W}_{\text{干前}}$	$\overline{W}_{\text{干后}}$
桦 木	2.6	1.1
柞 木	9.5	2.1

3.2.2 板片终含水率 M 及厚度压缩率 H 的检测

(1) 测量、记录各试件重量及厚度, 并分组进入热压机中进行干燥;

(2) 每组干燥结束后, 将试件取出, 立即测量重量及厚度;

(3) 将每组试验中的 4 块试件送入干燥箱中烘至绝干, 称重。其余 4 块试件自然陈放, 观察翘曲度变化。

(4) 根据试验结果, 计算出热压干燥后板的终含水率 M 及厚度压缩率 H (含干缩率), 见表 3:

表 3 试件终含水率与厚度压缩率(%)

Tab. 3 Final MC and thickness losses of specimen

序号	M		H		序号	M		H	
	桦	柞	桦	柞		桦	柞	桦	柞
1	34.2	29.1	7.9	3.2	15	1.3	2.1	12.1	9.9
2	19.3	15.2	8.2	5.9	16	4.4	5.1	8.0	8.7
3	6.4	4.1	20.0	17.9	17	0.2	0.2	14.3	9.1
4	7.8	9.8	10.1	6.7	18	0.0	0.0	25.1	19.3
5	1.2	7.7	15.0	9.8	19	5.9	5.6	12.1	9.3
6	5.6	1.5	16.3	11.1	20	12.1	11.1	7.7	7.0
7	0.1	3.2	22.1	18.9	21	0.6	0.4	12.1	9.1
8	0.6	1.5	12.1	7.4	22	8.2	3.5	11.0	5.2
9	0.2	0.1	19.6	14.9	23	0.2	0.3	10.7	6.9
10	23.5	18.3	6.7	4.3	24	0.4	0.4	23.8	17.7
11	7.5	9.9	8.6	7.1	25	0.2	0.3	15.5	11.3
12	6.5	4.7	9.1	6.1	26	0.5	0.0	25.3	17.9
13	13.8	9.4	11.7	7.7	27	0.2	0.5	24.1	16.3
14	18.6	7.9	3.9	5.8					

4 试验结果分析

4.1 热压干燥对桦木、柞木切板翘曲度的影响

从试验结果(表 2)可知, 热压干燥对减小上述两树种切板翘曲度有显著作用, 原先翘曲严重的板片, 干燥后平直、光洁。这是因为, 热压干燥温度较高($150^{\circ}\text{C} \sim 210^{\circ}\text{C}$), 使得板片在干燥过程中具有较大塑性, 原先存在的翘曲在受到高温下被压平。随干燥过程进行, 板片产生塑性变定, 使原有翘曲度降低。同时, 板的较高塑性还有助于干燥应力的缓解, 从而有利于翘曲度的降低。

但是, 由于斜纹理或不规则纹理引起的扭曲, 通过热压干燥后, 虽有所降低, 但幅度较小。

观察经过三天自然陈放的试件, 其翘曲度几乎没有增加。

4.2 热压干燥工艺参数及其交互作用与板片终含水率 M 及厚度压缩率 H 的关系

4.2.1 试验结果的极差分析 根据极差大小排列出工艺参数及他们之间交互作用对 M 及 H 的影响顺序。对排在前六位的因素(包括交互作用)进行方差分析, 以确定他们对终含水率 M 及压缩率 H 影响的显著性见表 4(显著性水平 $\alpha=0.05$)。

从表 4 可知, 4 个主要因素(t, τ, P, M_0)对两树种试件(规格相同)终含水率的影响基本相同。即最为显著的因素依次是: 热压温度 t , 热压时间 τ 。也就

表 4 各因素及交互作用对终含水率
和厚度压缩率的影响

Tab. 4 Effects of parameters and their
interactions on final MC and thickness losses

项 目	树种	高度显著	显著	不显著
$M(\%)$	桦木	t, τ	P, M_0	$M_0 \times P, t \times P$
	柞木	t, τ, M_0	$t \times \tau$	$M_0 \times P, t \times P$
$H(\%)$	桦木	P, t, τ		$M_0, M_0 \times P, t \times P$
	柞木	P, t, τ	M_0	$M_0 \times \tau, M_0 \times P$

是说,终含水率 M 会随着这两个因素取值的增大而急剧下降(见表 3)。

压板压力 P 及板片的初含水率 M_0 对两树种试件终含水率的影响有所不同。从两种树种材质的构造上看,桦木属散孔材,质地较柞木松软。而柞木属环孔材,质地较桦木密实,其硬度比桦木高出约 43%。在相同条件下干燥,水分从柞木试件内部向外蒸发的难度较桦木大。因此,柞木板的初含水率 M_0 对终含水率 M 的影响要比桦木显著,柞木初含水率越高,其终含水率亦越高。而压板压力 P 因其构造密实而在本试验取值范围(0.1~0.5 MPa)内不影响内部水分向外部的蒸发。相反,由于两树种构造上的差别,桦木试件内部水分在干燥过程中向外部的蒸发要容易得多,板片初含水率(略高于柞木)对其终含水率的影响并不显著。而压板压力会使其较疏松的结构变得密实,使它对板片终含水率的影响显著起来。即在其它因素保持恒定的条件下,压板压力越高,桦木板片终含水率越大。

从表 4 还可以看出,四个工艺参数对两种树种试件厚度压缩率的影响几乎完全相同。高度显著的因素依次为:压板压力 P ,热压温度 t 及热压时间 τ 。只是板片的初含水率 M_0 对柞木试件厚度压缩率的影响较桦木试件明显。这说明本试验所选择的初含水率水平在相同的热压干燥(高温)条件下,对柞木试件的软化作用更为突出。

在四个工艺参数的交互作用中,只有 $t \times \tau$ 对柞木试件终含水率的影响显著。因此,在优化工艺条件时应予以考虑。

4.2.2 试验结果的统计分析 通过试验数据的统计分析得到两树种切板终含水率 M 及厚度压缩率 H 关于四个工艺参数的多元线性回归方程如下:

$$M_{\text{桦}} = -0.3882 M_0 - 0.1093 t - 0.6721 \tau$$
$$+ 0.9280 P + 65.9524 \dots\dots\dots (2)$$

复相关系数 $R_{\text{桦}} = 0.9723$

$$H_{\text{桦}} = 0.0321 M_0 + 0.0691 t - 0.0277 \tau$$

$$- 0.0310 P - 0.9482 \dots\dots\dots (3)$$

复相关系数 $R_{\text{桦}} = 0.9143$

$$M_{\text{柞}} = -0.0008 M_0 - 0.1851 t - 0.6014 \tau$$

$$- 0.0079 P + 43.6582 \dots\dots\dots (4)$$

复相关系数 $R_{\text{柞}} = 0.9774$

$$H_{\text{柞}} = 0.0296 M_0 - 0.1996 t - 0.1530 \tau$$

$$- 0.1528 P - 29.6231 \dots\dots\dots (5)$$

复相关系数 $R_{\text{柞}} = 0.9887$

4.3 优化干燥工艺条件的确定

4.3.1 确定较优干燥工艺条件 以板片的终含水率趋于 8%及厚度压缩率最小为依据,初步确定较优干燥工艺条件。另外,由于热压温度在 160℃以下时,板片对胶液的润湿性及其胶合强度不会受到较大影响^[6]。则桦木切板较优干燥工艺条件为:热压温度 150℃,热压时间 5 min,压板压力 0.1 MPa,板片的初含水率 86.5%。即:

$$t_1 \tau_3 P_1 M_{02} \quad (I)$$

此时终含水率 6.5%,厚度压缩率 9.1%,板片平直、光洁。

考虑交互作用 $t \times \tau$ 对柞木试件终含水率的影响,对热压温度及热压时间进行平衡搭配,得到柞木切板较优干燥工艺条件:热压温度 180℃,热压时间 3 min,压板压力 0.1 MPa,板片初含水率 61.7%。即:

$$t_2 \tau_1 P_1 M_{02} \quad (II)$$

此时终含水率 9.8%,厚度压缩率 6.7%,板片平直。

4.3.2 确定优化干燥工艺条件

①分别取自然(气干)干燥、较优工艺条件及剧烈工艺条件下热压干燥的三种试件,制成 5 mm 见方试样(见表 5)。

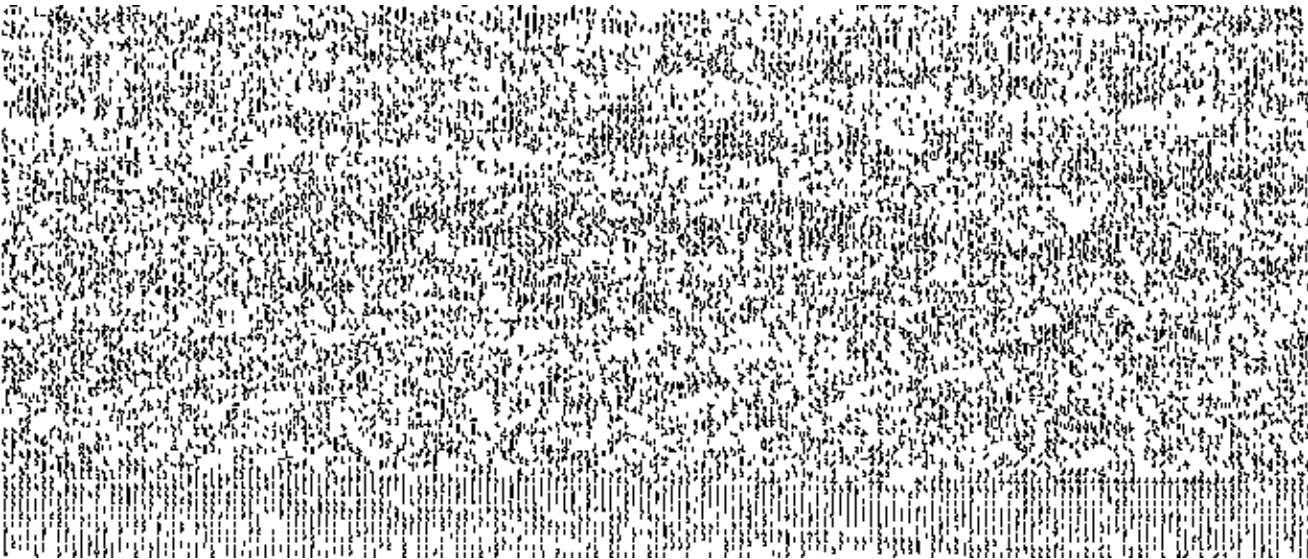
表 5 不同干燥条件下电镜试件的最终
含水率和厚度压缩率

Tab. 5 Final MC and thickness losses of specimen under
different drying conditions for SEM

指 标	热压干燥				自然干燥	
	较优工艺		剧烈工艺		桦木	柞木
	桦木	柞木	桦木	柞木		
试验号 No	12	4	18	9		
$M(\%)$	6.5	9.8	0.0	0.1	11.8	10.7
$H(\%)$	9.1	6.7	25.1	14.9		

对经过离子溅射(IB-3 型离子溅射仪)的试样进行电镜观察,得到桦木试件(1)~(3)和柞木试件(4)~(7)的横切面电镜照片如下:

其中,图(1)为经自然干燥的桦木切板(终含水率



附图 桦木与柞木试件在不同加压干燥条件下的扫描电镜图

Fig. SEM photos of birch and oak specimen under different drying conditions

11.8%),可见其内部组织完好。图(2)为较优工艺条件下热压干燥的试件,和图1相比,它除木纤维形态有轻微变化外,其它组织均属正常。图(3)是桦木试件经剧烈工艺条件(210℃,5min,0.3MPa)下干燥后的微观构造,其导管壁、木纤维等组织有一定变形,并有内裂产生。图(4)是经过自然干燥的柞木横切面试件,与较优工艺条件下干燥的柞木试件横切面图(5)相比,在图(5)中导管变形严重,早、晚材导管壁均有所破坏,并有内裂产生。这说明,根据 $t\times\tau$ 交互作用的平衡搭配得到的柞木试件较优干燥工艺条件(II)过于剧烈。

以图(5)为依据,并确保干燥后板片对胶液的润湿性(热压温度 $\leq 160^{\circ}\text{C}$),柞木试件较优工艺条件(II)应调整为:

$t_1\ t_2\ P_1\ M_{02}$ (III)

即热压温度由180℃降至150℃,热压时间由3min延长至4min,其它因素不变。与(III)工艺条件相对应的柞木试件No.11,此条件下终含水率为9.9%,厚度压缩率为7.1%,板片外观平直、光洁。从这组试件中取样进行电镜分析,得图(7),其横切面微观构造中,除导管有轻微变形外,其它组织均属正常。

图(6)是柞木试件经剧烈工艺条件(210℃,5min,0.3MPa)下干燥后的电镜照片,其内裂严重。

②桦木、柞木切板优化干燥工艺条件的确定

据方差及干后板片微观构造分析,确定两树种小径材切板热压干燥优化工艺条件分别为(I)、(III),各因素所在水平见表6:

表 6 优化干燥工艺条件

Tab. 6 Optimized parameters of sliced veneers in platen-drying

因 素	优化热压干燥工艺条件	
	桦木	柞木
热压温度(℃)	150	150
热压时间(min)	5	4
压板压力(MPa)	0.1	0.1
板片初含水率(%)	86.5	61.7

5 结论

5.1 热压干燥法对降低小径材桦木、柞木切板翘曲度是行之有效的。

5.2 热压温度 t 和热压时间 τ 对切板终含水率及压缩率影响最为显著。压板压力对切板压缩率的影响显著。板的初含水率对终含水率和压缩率的影响因树种不同而异。

5.3 过高的温度会导致内裂的产生。因此,对难干材的热压干燥,温度应选择较低水平,以避免内裂。

6 参考文献

1 张帝树.以切板法利用小径材的探讨.林产工业,1995,22(5):17~19
2 Sandoe M D et al. Gluability of Platen-dried Veneer of Douglas Fir. Forest Products Journal, 1983, 33(7/8):
3 Peter Y S Chen, Frank E Biltonen. Effect of Prefreezing on Press-drying of Black Walnut Heartwood. Forest Products Journal, 1979, 29(2):48~51
4 Simpson W T et al. Press-drying Plantation-grown Loblolly Pine 2 by 4's to Reduce Warp. Forest Products Journal, 1983, 33(11/12):41~48
5 Quarles Stephen L and Ludvig Nagoda. Performance of Vented and Non-vented Cauls in Press Drying. Forest Products Journal, 1990, 40(11/12):57~60
6 陈广琪.热板干燥单板时对其润湿性及胶合性能的影响.林产工业,1991,18(5):17~18