

杨木单板条层积材热压工艺的研究

陈志林

(河南农业大学 郑州 450002)

张勤丽 洪中立

(南京林业大学 南京 210037)

摘要 本项研究以杨木单板条为原料,在试验室条件下,研究了单板条层积材(PSL)的热压温度、热压时间、热压压力及板材密度与板材性能之间的关系,并进行了优化处理,得出最佳热压参数:温度 $T=145^{\circ}\text{C}$,时间 $t=20\text{min}$ (板厚 15mm),板材密度 $D=0.60\text{g}/\text{cm}^3$,压力 $P=6.76\text{MPa}$ 。

关键词 杨木;单板条层积材

1 前言

单板条层积材(parallel strand lumber,简称PSL,商品名为Parallam)是近年来在北美兴起的一种新型木质结构材料,其生产过程是将旋切单板剪切成单板条(strands),经干燥、施胶、高度定向铺装、热压而成。特点是一方面对原料要求低,速生材、低质材、胶合板厂的剩余物均可作为生产原料;另一方面单向强度高,重量轻,变异性小,耐候性好,在美国和加拿大用作电线杆、支撑架、建筑用梁、柱、窗户框、门框、汽车房和仓库大门以及脚手架、水泥模板等。

杨木是我国“八五”期间定向培育短周期工业用材之一,本项研究以杨木为原料,脲醛树脂胶作为胶粘剂,研究了热压工艺、板材密度与单板条层积材性能之间的关系,旨在为制定单板条层积材最佳生产工艺条件提供依据。

2 试验方法

2.1 试验材料 杨木采自南京林业大学内,为I-69杨与I-63杨的杂交种,树龄11年,树高17m,胸径30cm,绝干密度为 $0.34\text{g}/\text{cm}^3$ 。

收稿日期 1992-12-16 修改稿收到日期 1993-06-30

•编者注:Parallel strand lumber尚无统一译名,编者初步为,拟译为“定向单板成材”,与定向刨花板、定向纤维板相对应,希同行专家、学者提出宝贵意见。

脲醛树脂胶,固含量为66.14%,购自南京木器厂。

2.2 试验设计 为减少试验次数,简便计算,消除回归系数间的相关性,采用二次正交旋转组合设计,其数学模型为:

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^P \beta_j z_j + \sum_{i < j}^P \beta_{ij} z_i z_j + \sum_{j=1}^P \beta_{jj} z_j^2 \quad (P=3)$$

考虑的因素有:热压温度、热压时间、板材密度。

为了计算方便,给每个因素的各个水平进行编码,即对因子 z_j 作线性变换:

$$x_j = (z_j - z_{0j}) / \Delta_j$$

变换后 x_j 无量纲,数学模型为:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^P b_j x_j + \sum_{i < j}^P b_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^P b_{jj} x_j^2 \quad (P=3)$$

表1是各因素水平的编码。

其他工艺参数如表2。为了消除试验误差的影响,进行了一次重复试验。

2.3 试验过程

木段→旋切→曝晒→剪切成条→干燥
↓
性能检测←冷却←热压←预压←铺装←施胶
↓
数据处理

表1 各因素水平编码

因素及代号	$j=1\sim3$	热压温度 T ($^{\circ}\text{C}$)	热压时间 t (min)	密 度 D (g/cm^3)
变 量 名	z_j	z_1	z_2	z_3
编 码	x_j	x_1	x_2	x_3
上星号臂 +1.682	z_{0j}	155.2	23.4	0.77
上水平+1	$z_{0j}+\Delta_j$	145	20	0.7
零水平0	z_{0j}	130	15	0.6
下水平-1	$z_{0j}-\Delta_j$	115	10	0.5
下星号臂 -1.682	z_{1j}	104.7	6.6	0.43
变化间距 Δ_j	Δ_j	15	5	0.1

表2 其他工艺参数一览表

工艺参数	数值	工艺参数	数值
单板条长度(cm)	36	脲胶固含量(%)	66.14
单板条宽度(mm)	15	石蜡用量(%)	1
单板条厚度(mm)	2.0	幅面($l\times b$,cm)	36×38
施胶量 (%)	10	板材名义厚度(mm)	15

旋切后的单板在太阳下晒两日,单板条经电热干燥后含水率约为6%。施胶方式为喷胶,手工铺装于模框内,平行排列,并力

求均匀,在冷压机内预压10min,压力为1MPa;采用15mm的厚度规,板坯装入热压机后迅速升压,并记录压板接触厚度规时的压力(最大压力 $P_{\max}$)。

2.4 性能检测 检测项目有:静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、冲击韧性(TOU)、内结合强度(IB)、握螺钉力(SH)、吸水厚度膨胀率(TS)、密度(D)及含水率(W)。检测方法依据刨花板国家标准进行,部分项目参照原苏联及国际标准进行。

3 结果与分析

根据二次正交旋转组合设计,作一次重复性试验,取得各项指标检测结果的平均值,将数据进行计算机处理,求出回归系数,淘汰不显著因子,得出回归方程(编码方程)如下表:

表中: X_1 —热压温度(T , $^{\circ}\text{C}$)、 X_2 —热压时间(t ,min)、 X_3 —板材密度(D , g/cm^3)。

回 归 方 程	方程显著性
$MOR=86.91+3.21X_1+4.55X_2+5.15X_3+5.45X_1X_2-4.20X_2X_3$	0.01
$MOE=9879.43+485.72X_3+529.68X_3-485.96X_3^2$	0.05
$TOU=87.67+8.62X_3+4.51X_2X_3-3.36X_3^2$	0.01
$SH=116.10+14.69X_3-5.07X_3^2$	0.01
$IB=0.421+0.015X_1+0.016X_2+0.03X_1X_3-0.02X_1^2+0.03X_2^2$	0.05
$TS=23.76-1.01X_1+5.17X_3-1.76X_1X_3-2.58X_1^2-2.55X_2^2-1.46X_3^2$	0.05
$P_{\max}=6.76+1.38X_3$	0.01

对回归方程进行显著性检验和失拟平方和检验的结果表明,所选模型不失拟,而且显著性较高,说明所得回归方程可以用来描述各项性能与各个因素之间的关系。

3.1 静曲强度和弹性模量 根据回归方程,图1描述了静曲强度(MOR)与三个因子之间的关系。在研究范围内,随着热压时间的延长,热压温度的提高,MOR有所增加;随着密度的增加,在热压时间较短时,MOR增加显著。在较长热压时间、较高热压温度下,

较低密度的板材也具有较高的静曲强度。弹性模量与热压温度与板材密度之间的关系见图2。由图2可知,随着密度的增加,弹性模量增加,但超过一定数值($0.65\text{ g}/\text{cm}^3$)后,弹性模量反而下降,其原因是由于杨木本身的密度只有 $0.34\text{ g}/\text{cm}^3$,要获得较高的板材密度,必须借助于提高压力,增大压缩率。如板材密度为 $0.70\text{ g}/\text{cm}^3$ 时,压缩率为1.92,所需的最大热压压力为 8.14 MPa ,过高的压力会损伤木材纤维,从而使弹性模

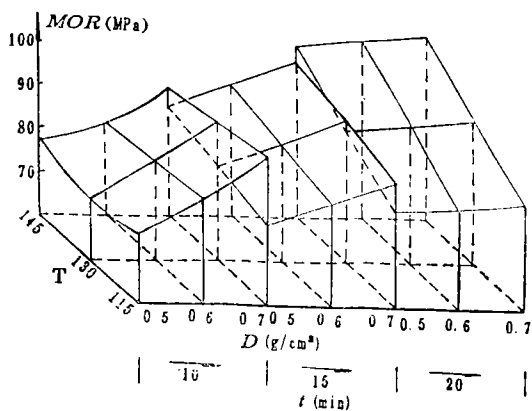


图1 MOR-D-T-t关系图

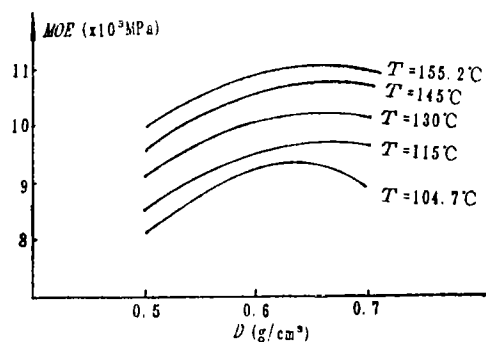


图2 MOE-D-T关系图

量传递慢或热量不足,中心层胶粘剂不能充分固化所致。

3.3 吸水厚度膨胀率 随着热压温度的升高、热压时间的延长,吸水厚度膨胀率降低,如图4所示。随着板材密度增大,吸水厚度膨胀率增大,这是由于在相同制板条件下,密度高的板材具有更大的压缩变形,产生更大的压缩应力,吸水后产生较大的吸水厚度膨胀率。另外,由于板坯铺装不均匀,而引起密度的变异,导致整个板面在厚度方向上非均匀膨胀,这一点在试件吸水后,表面呈不平状中得到证实。

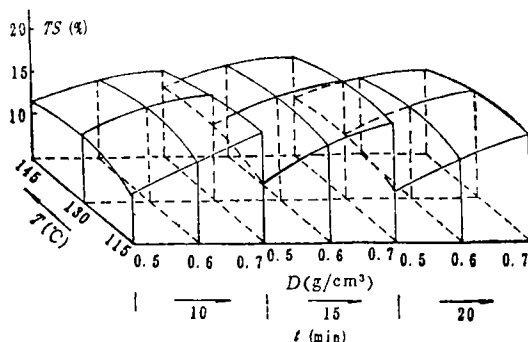


图4 TS-T-D-t关系图

量下降。因此应采用合适的热压压力与板材密度。

3.2 内结合强度 随着热压温度、热压时间、板材密度的增加,内结合强度增加,如图3所示。但是在热压温度较低条件下(115°C),随着密度的增大,内结合强度略有下降,这是由于温度过低,密度大,热

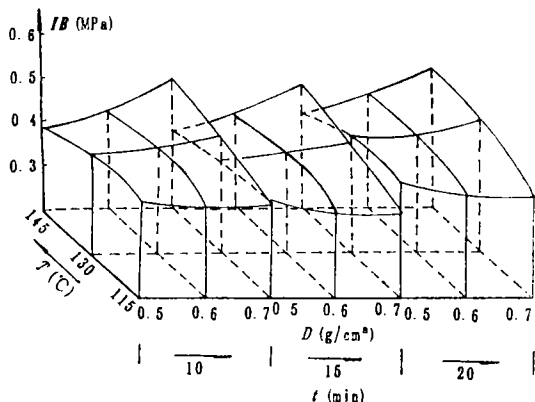


图3 IB-T-D-t关系图

3.4 最大压力 从试验结果来看,最大压力与板材密度呈直线关系,与热压温度、热压时间关系不显著。最大压力指压板最初压到厚度规上时的压力,由于这个阶段时间很短,热量来不及作用。

与一般刨花板生产相比,杨木单板条层积材需要较高的压力,其原因:①单板条的厚度与长度比普通刨花大得多,其可塑化程度低;②单板条较长,在干燥时易发生扭曲,扭曲的单板条在板坯内呈不平状排列,也降低了板坯的可塑性;③杨木本身密度低,要获得较高密度的板材,必须借助于较高的压力。

3.5 工艺参数的优化 利用网格法,网格距定为0.2,在本研究范围内,通过计算机搜索,确定最优参数为(板材厚度为15mm):热压温度 $T = 145^{\circ}\text{C}$;热压时间 $t = 20\text{min}$;

板材密度 $D = 0.60\text{g/cm}^3$ 。

另外，根据试验结果也认为，热压压力为 6.76MPa ，预压压力为 1MPa ，施胶前单板条含水率为 6% ，板材终含水率为 $5\% \sim 7\%$ 较适宜。

为了验证上述条件，压制三块板材，并进行性能检测，结果见表3。从中看出，验证试验的各项物理力学性能指标与最优条件

下回归方程的预测值基本吻合，因此，可以认为所优选的最优热压参数在研究范围内是正确的，也说明了文中所列的回归方程可以用来对各项物理力学性能指标进行预测和分析。

5 结论

5.1 在试验室条件下，脲醛树脂杨木单板

表3 验证试验结果与预测值对照表

序号	静曲强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	握螺钉力 (N/mm)	内结合强度 (MPa)	吸水厚度膨胀率 (%)	实测密度 (g/cm³)	含水率 (%)
1	102.61	10444.9	115.8	0.86	9.94	0.605	8.61
2	112.63	11555.8	109.8	0.86	8.39	0.612	7.24
3	113.06	11506.8	115.5	0.82	10.51	0.610	8.37
$\bar{x}$	109.43	11169.2	112.8	0.84	9.61	0.609	8.07
预测值	97.33	10397.9	114.2	0.74	8.86	0.600	—

条层积材（板厚 15mm ）的最佳热压参数是：热压温度 145°C ，热压时间 20min ，热压压力 6.76MPa ，板材密度 0.60g/cm^3 。单板条含水率（施胶前）为 6% ，预压压缩率为 54.5% ，板材终含水率为 $5\% \sim 7\%$ 。

5.2 杨木本身密度低，故杨木单板条层积材的压缩率大，板材密度过低，达不到强度要求，密度过高，需要较高的热压压力，纤维损伤严重，而且吸水厚度膨胀率上升。建议密度以不超过 0.65g/cm^3 为宜。

谢词 黄敏仁教授为本研究提供试验原料，试验过程得到付峰博士，周璇等同志的帮助，谨此致谢。

6 参考文献

1 张勤丽等译.木材应用基础.上海科学技术出版社, 1986

2 朱伟勇.最优设计理论与应用.辽宁人民出版社, 1981
3 茆诗松等.回归分析及其试验设计.华东师范大学出版社, 1986
4 David Parker, Parallam PSL, An evolution. Engineered wood seminar for the electric utility industry proceedings, October, 1990
5 Peter J Tansey, Parallam, A prizewinning breakthrough. Wood Based Panels International, May, 1990
6 Thomas M. Maloney, Modern particle-board & dry-process fiberboard manufacturing, Miller Freeman Publication, 1977
7 Myron W Kelly. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. May, 1977

A study on the hot pressing technology of parallel strand lumber made of poplar

Chen Zhilin

(Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002)

Zhang Qinli Hong Zhongli

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract Parallel strand lumber(PSL) is a new kind of engineering material in
(下转第 4 页)

会更好^[12], 这有待于进一步研究。

4 结论

通过以上分析, 可以得出以下结论:

4.1 可用硫脲素作为标记物代替少量 尿素制成UF/thiourea胶, 通过SEM-EDAX 探测硫的存在, 从而确知UF胶的存在。

4.2 与单纯的SEM分析技术相比, SEM-EDAX分析技术准确度高, 减少了直观的误差。

4.3 SEM-EDAX分析表明, 胶合板中UF向木材中渗透的距离为2~4个木纤维厚度。

致谢 在制备胶粘剂过程中得到了刘启明副教授的大力协助, 谨致谢忱。

5 参考文献

- 1 Bolton A J et al. The microdistribution of UF resins in the particleboard. Proc. Conf. Forest Products Research International, Achievements and the Future, 1985, Vol.6, 17~21
- 2 Bolton A J et al. The validity of the use of SEM-EDAX as a tool for the detection of UF resin penetration into wood cell walls in particleboard. Wood Science & Technology, 1988, 22 (4) : 345~356
- 3 Bosshard H H and L P Futo. Spezifische Farbungen zum Nachweis der Kaurit- und Tegofilm Verleimung in Sperrholz, Holz als Roh- und Werkstoff, 1963, 21: 225~228
- 4 Daniel A et al. Microscopy of eastern spruce plywood gluelines, Wood Science, 1974, 6 (3) : 294~304
- 5 Harada H et al. Preliminary microscopic studies of wood structure and adhesion in plywood. F. P. J., 1968, 18 (2) : 86~90
- 6 Koran Z et al. Scanning electron microscopy of plywood glue lines. Wood and Fiber, 1972, 3 (4) : 202~209
- 7 Mark D et al. Staining to make urea formaldehyde resins visible on glued wood surface. F. P. J., 1980, 30 (1) : 46~48
- 8 Whiter M S et al. Method for measuring resin penetration into wood. F. P. J., 1977, 27 (7) : 52~54
- 9 Whiter M S. Influence of resin penetration on the fracture toughness of wood adhesive bonds. Wood Science, 1977, 10 (1) : 6~14
- 10 Nearn W T. Application of ultrastructural concept in industrial wood products research. Wood Science, 1974, 6 (3) : 285~293
- 11 Saka S et al. Lignin distribution determined by energy dispersive analysis of X-rays. Tappi, 1978, 61 (1) : 73~76
- 12 Saka S Thomas R J. Evaluation of quantitative assay of lignin distribution by SEM-EDAX technique. Wood Science & Technology, 1982, 16 (1) : 1~18
- 13 Tarkow H et al. Penetration versus molecular size—interaction of wood with polymeric materials, F.P.J., 1968, 16 (10) : 61~67
- 14 林均安等编. 实用生物电子显微术. 辽宁科学技术出版社, 1989

(下转第12页)

(上接第16页)

the recent years. As raw material, poplar PSL was studied. The relationship between hot-pressing parameters of UF bond PSL and its properties was analyzed. Optimum technological parameters were obtained as follows (the thickness of the final products was 15 mm); hot-pressing temperature 145 °C, hot-pressing time 20min; hot-pressing pressure 6.76MPa; final products density 0.60g/cm.

Keywords Poplar; Parallel strand lumber