

研究与开发

杨木定向木片层积材的制备工艺初探

刘翔¹, 高黎², 张双保³, 袁应粮⁴

(1. 广西林业集团有限公司, 广西南宁 530000; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091;
3. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083; 4. 浙江裕华木业有限公司, 浙江嘉善 314100)

摘要: 以杨木碎单板条为原料制备定向木片层积材(OSL),研究了单板条长度、宽度、热压时间与板材密度,对杨木 OSL 性能的影响。结果表明:板材密度是影响 OSL 性能的最主要因素;采用优化工艺生产的杨木 OSL,性能远起 EN 300-2006 中 OSB/4 等级板材性能要求。

关键词: 杨木; 定向木片层积材; 制备工艺

中图分类号: S792.11; TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2014)05-0020-04

Primary Study on Manufacturing Technology of Poplar Oriented Strand Lumber

LIU Xiang¹, GAO Li², ZHANG Shuang-bao³, YUAN Ying-liang⁴

(1. Guangxi Forestry Group Co., Ltd., Nanning 530000, Guangxi, China;
2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;
3. College of Materials Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China
4. Zhejiang Yuhua Wood Industry Co., Ltd., Jiashan 314100, Zhejiang, China)

Abstract: *Populus euramevicana* veneer strands were used as raw materials to make oriented strand lumber (OSL). The influence of strand length, strand width, hot-pressing time and board density on physical and mechanical properties was evaluated. The results showed that the density was the most important factor affecting the properties of the OSL and that the properties of the OSL made under optimum processing conditions could far exceed the requirement of OSB/4 grade of European Standard EN 300-2006.

Key words: Poplar; oriented strand lumber; manufacturing technology

结构用木基复合材料(structural composite lumber, SCL)是具有一定承载能力的木基复合材料的统称,主要包括结构胶合板和单板层积材

(laminated veneer lumber, LVL),另外也有多种利用较大尺寸碎料制成的 SCL,如顺向单板条层积材(parallel strand lumber, PSL)、木条层积材(laminated strand lumber, LSL)和定向木片层积材(oriented strand lumber, OSL)等^[1]。随着现代木结构建筑在我国的逐渐兴起, SCL 的需求量也必将增加。由于原料形态不同,不同的 SCL 板材性能有明显差异。如何实现 LVL、胶合板生产过程中碎单板的高附加值利用,是人造板行业的研究方向之一。

早在 20 世纪 60 年代末,加拿大 MacMillan

收稿日期: 2013-06-24; 修改日期: 2014-07-23

基金项目: 国家林业局引进国际先进林业科学技术计划(948 计划)项目“顺向木条层积材(PSL)制造关键技术”(2012-4-29); 2012 年北京市教育委员会共建项目“木质材料高效加工利用技术”; 木竹产业技术创新战略联盟课题“模压成型 PSL 装饰材料制备技术与示范”(TIAWBI2013XX)。

作者简介: 刘翔(1988—),男,广西林业集团有限公司助理工程师。
责任作者: 高黎,女,中国林科院木材工业研究所助理研究员。

Bloedel 公司研发出利用碎单板制备 PSL 的工艺及产品,并在欧美实现了工业化生产。我国科研人员也在 90 年代对 PSL 进行了研究^[2-5],但因其对设备及单板条长度有较高的要求,细碎单板利用率有限,未能得到推广。而根据我国单板下脚料尺寸特点,制备定向木片层积材(OSL)是一种适合国情的利用方案^[6]。

定向木片层积材(OSL)作为一种国外常见的结构用材,由扁平窄长的刨花制备而成。与定向刨花板(OSB)对比,OSB 芯层一般为横向铺装,厚度通常 ≤ 25 mm,且对横向强度有一定要求;而 OSL 仅沿顺向铺装,厚度 >25 mm,顺向强度及产品附加值明显优于 OSB。通过裁切破碎单板条制备的木片,形态及性能应优于大片刨花。

为此,笔者根据我国木质资源及常规加工设备特点,利用速生杨木碎单板条制备 OSL,探究工艺参数对其性能的影响,旨在为制定杨木 OSL 生产工艺及开发杨木的高附加值利用新途径,提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 意杨(*Populus euramevicana*)单板,购于河北冀州,密度约 0.37 g/cm^3 ,含水率 $10\% \sim 12\%$,厚 $1.5 \sim 1.8$ mm,幅面 $1\,000 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$ 。

2) 浸渍用酚醛(PF)树脂,自制,固体含量 50% ,黏度 $60 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。

1.2 试验装置

万能木工圆锯机;精密裁板锯;电热恒温鼓风干燥箱;人造板试验压机;万能力学试验机等。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

工业化生产 OSL 的原料通常为大片刨花,与其相比,本试验所用的单板条厚度大、形态规整,长度方向易定向,但端头过于齐整,铺装时可能对板坯均匀性造成不良影响。因此,需验证采用单板条生产 OSL 是否能达到产品性能的要求。

在已有研究的基础上,选取单板条宽度、长度、热压时间和板材密度 4 个因素进行考察,各因子及水平见表 1,按照正交试验法 $L_9(3^4)$ 进行试验。

表 1 试验因素与水平

Tab. 1 Experimental factors and levels

水平	A 单板条 宽度/mm	B 单板条 长度/mm	C 热压时间/ (s · mm ⁻¹)	D 板材密度/ (g · cm ⁻³)
1	10	50	60	0.50
2	20	100	75	0.65
3	30	150	90	0.80

1.3.2 工艺流程

1) 单板裁切;

2) 筛选 剔除有明显结疤和孔洞的单板条;

3) 浸胶 将 PF 树脂固体含量调整至 30% 左右,依据前期试验结果,设定浸胶 5 min ,陈放 3 min ,浸胶量为单板条质量的 $8\% \sim 10\%$;

4) 干燥 浸胶单板条干燥至含水率 $8\% \sim 9\%$;

5) 热压 温度 $145 \sim 155 \text{ }^\circ\text{C}$,压力 $4 \sim 6 \text{ MPa}$;板材幅面 $400 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$,利用称量法控制产品密度,采用厚度规控制板材厚度 20 mm ;每组试验重复 3 次;

6) 陈化 板材齐边后陈放 7 d 以上,达到平衡含水率;

7) 试件锯制 顺纹弹性模量和静曲强度试件规格 $440 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$;内结合强度和吸水厚度膨胀率试件规格均为 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 。每块试板上各检测指标制取 3 块试样。

1.4 性能测试

参照 EN 300-2006《OSB-definitions, classification and specifications》,检测顺纹静曲强度(MOR)、顺纹弹性模量(MOE)、内结合强度(IB)和 24 h 吸水厚度膨胀率(24 h TS)。

2 结果与分析

杨木 OSL 试样性能检测结果列于表 2,方差分析如表 3 所示。

表 2 OSL 性能检测结果

Tab. 2 Properties of OSL samples

编号	A	B	C	D	MOR/ MPa	MOE/ GPa	IB/ MPa	24 hTS/ %
1	1	1	1	1	11.17	3.74	0.173	9.16
2	1	2	2	2	71.59	12.44	1.685	13.97
3	1	3	3	3	99.78	14.44	1.953	9.72
4	2	1	2	3	73.33	13.72	1.429	15.18
5	2	2	3	1	45.79	10.43	0.435	6.90
6	2	3	1	2	86.95	17.93	0.744	11.71
7	3	1	3	2	59.41	13.36	1.133	14.20
8	3	2	1	3	104.48	17.80	1.126	9.63
9	3	3	2	1	31.18	11.72	0.381	11.81

表 3 各因素对 OSL 性能影响的方差分析

Tab. 3 Variance analysis of factors on properties of OSL samples

性能	影响因子	自由度	偏差平方和	均方	$F_{0.05}$ 值	显著性
MOR	A	2	832.22	416.11	1.53	0.2240
	B	2	11572.27	5786.14	21.24	<0.0001
	C	2	1542.07	771.04	2.83	0.0656
	D	2	56295.32	28147.66	103.33	<0.0001
MOE	A	2	282.22	141.11	40.62	<0.0001
	B	2	284.50	142.25	40.95	<0.0001
	C	2	4.20	2.10	0.61	0.5486
	D	2	725.21	362.60	104.38	<0.0001
IB	A	2	2.7430	1.3715	12.53	<0.0001
	B	2	0.3261	0.1631	1.49	0.2324
	C	2	3.8733	1.9367	17.70	<0.0001
	D	2	15.1224	7.5612	69.09	<0.0001
24 h	A	2	12.107	6.053	0.46	0.6315
	B	2	101.806	50.903	3.89	0.0249
TS	C	2	215.535	107.767	8.24	0.0006
	D	2	200.770	100.385	7.67	0.0010

2.1 单板条宽度的影响(图 1)

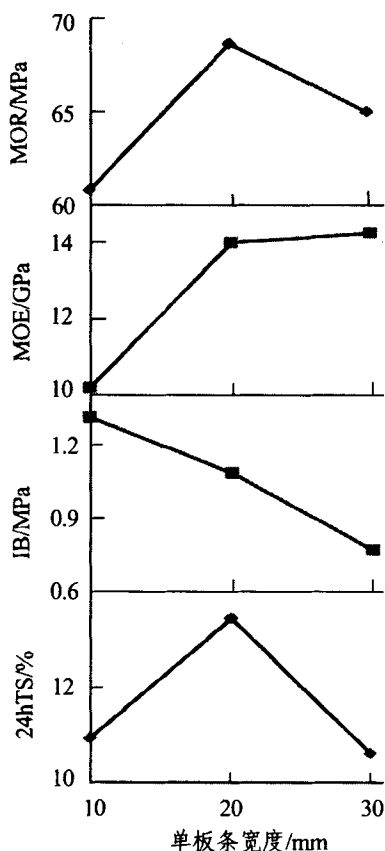


图 1 单板条宽度对 OSL 板材性能的影响

Fig. 1 Strand width effect on properties of OSL samples

表 3 和图 1 显示出, 单板条宽度对板材的 MOE 和 IB 有极显著的影响。随着单板条宽度增加, MOE 增大, IB 呈下降趋势, MOR 和 TS 有小幅变化。原因是同等条件下, 单板条宽度增加, 组坯单元数量减少, 板材在横向的搭接减少, 提高了板材的整体连续性, 故 MOE 增加; 但原料间搭接减少, 使得胶合总面积减少, 故 IB 降低^[7]。

2.2 单板条长度的影响(图 2)

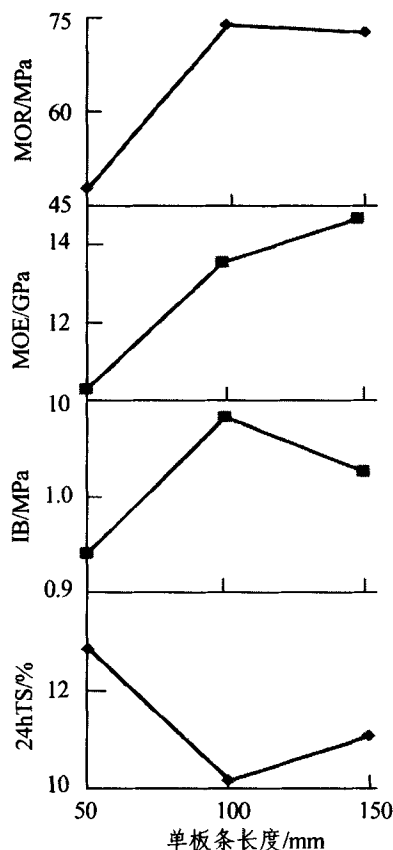


图 2 单板条长度对 OSL 板材性能的影响

Fig. 2 Strand length effect on properties of OSL samples

由表 3、图 2 可知, 单板条长度是影响 OSL 板材 MOR、MOE 的极显著因素, 亦是影响 24 hTS 的显著因素。单板条长度从 50 mm 提高至 100 mm, MOR 和 MOE 大幅增强, TS 降低; 从 100 mm 继续增至 150 mm, 抗弯性能和 TS 变化不明显, 造成该趋势的原因同单板条宽度的影响分析相同。IB 在单板长度 50~150 mm 范围内, 仅有小幅波动。

2.3 热压时间的影响(图 3)

由表 3 及图 3 可知, 热压时间主要影响 IB 和 24 hTS。热压时间适当延长, 有利于板材中心层胶黏剂的充分固化, 提高胶合强度和尺寸稳定性, 减少板坯

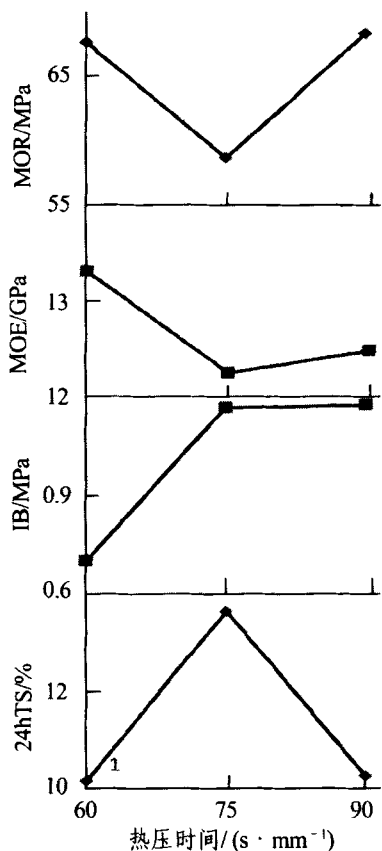


图 3 热压时间对板材性能的影响

Fig. 3 Hot-pressing time effect on properties of OSL samples

密度梯度;但时间过长,会造成表层原料热解和胶层脆化。本试验范围内,随热压时间延长,IB 提高,MOR 和 MOE 均呈先降低再提高的趋势,TS 先升高后降低,其原因需进一步研究。

2.4 板材密度的影响(图 4)

对于复合板材,一定范围内提高密度是提升产品性能最有效的手段^[7]。在表 3 和图 4 中,板材密度对力学性能的 3 项指标影响均极显著,对 24 hTS 影响为显著。在板坯密度 0.5~0.65 g/cm³ 范围内,随密度增加,抗弯性能和 IB 迅速提高,当密度>0.65 g/cm³,变化趋势减缓。密度最小时,板材的耐水性最佳,是因为该密度下虽然板材 IB 较低,但压缩率亦低,吸水后板材的反弹小。

2.5 验证试验

综合考虑上述试验结果,在本试验范围内,杨木 OSL 的优化工艺参数:单板条宽度 30 mm,单板条长度 150 mm,热压时间 90 mm/s,板材密度 0.8 g/cm³。采用此工艺参数压制 3 块杨木 OSL 板材,性能检测结果列于表 4。

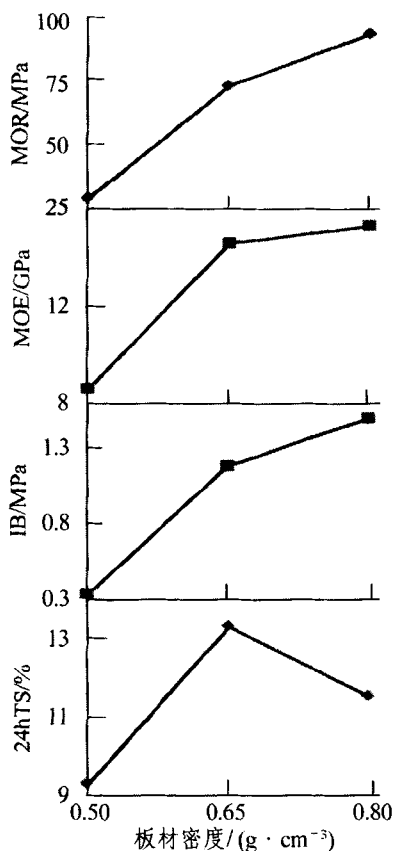


图 4 板材密度对板材性能的影响

Fig. 4 Panel density effect on properties of OSL samples

表 4 优化工艺参数下 OSL 的性能

Tab. 4 Properties of OSL samples under optimized parameter

	MOR/MPa	MOE/MPa	IB/MPa	2h IB/MPa	24 hTS/%
检测值	108.70	17385	1.463	1.022	8.83
标准规定值	26.00	4800	0.400	0.130	12.00

结果表明,以优化工艺参数压制的杨木 OSL,性能远超过 EN 300-2006 中 OSB/4 级板材要求。

3 结论

1) 在本试验范围内,杨木 OSL 板材密度是影响其性能的最主要因素。密度增大,板材的 3 项力学性能指标均增大;单板条宽度、长度和热压时间,对试样的 MOR、MOE、IB、24 hTS 有不同程度的影响。

2) 优化工艺参数:单板条宽度 30 mm,单板条长度 150 mm,热压时间 90 mm/s,板材密度 0.8 g/cm³。以此工艺压制的杨木 OSL 完全满足 OSB/4 级板材要求。采用杨木碎单板条制备的 OSL,可用于更高强度材料的设计利用。

(下转第 27 页)

参考文献:

- [1] 赵临五,王春鹏,张伟,等.低成本E₀级实木复合地板用PUF树脂胶的研制[J].林产工业,2012,39(4):17-19.
- [2] 顾继友,朱丽滨.环保型脲醛树脂在中密度纤维板生产中的用[J].林产工业,2010,37(4):26-28.
- [3] 吕建,黄洁洁,韦春.改性低毒脲醛树脂的固化研究[J].塑料工业,2007,35(增刊):158-160.
- [4] 顾继友,朱丽滨,小野拉邦.低甲醛释放脲醛树脂固化反应历程的研究[J].林业化学与工业,2005,25(4):11-16.
- [5] 李超.木材中水分弛豫特性的核磁共振研究[D].内蒙古:内蒙古农业大学,2012.
- [6] Han Minyi, Zhang Yingjun, Fei Ying, et al. Effect of microbial transglutaminase on NMR relaxometry and microstructure of pork

- myofibrillar protein gel[J]. Eur Food Res Technol, 2009, 228(4): 665-670.
- [7] Goelman G, Prammer M G. The CPMG pulse sequence in strong magnetic-field gradients with applications to oil-well logging[J]. J Magn Reson, 1995, 113(1):11-18.
- [8] 马大燕,王喜明,张明辉.核磁共振研究木材吸着过程中水分吸附机理[J].波普学杂志,2011,28(1):135-141.
- [9] Leandro Luetkmeyer, Maria Ines Bruno Tavares, Gisele C X Valle, et al. The use of low field NMR and thermal analysis to the wood polymer composite study [J]. Macromolecular Symposia, 2007, 258(1): 108-112.

(责任编辑 向琴)

(上接第12页)

参考文献:

- [1] 于文吉.我国高性能竹基纤维复合材料的研究进展[J].木材工业,2011,25(1):6-8.
- [2] 孟凡丹,余养伦,祝荣先,等.浸渍量对纤维化竹单板层级材料物理力学性能的影响[J].木材工业,2011,25(2):1-3.
- [3] 祝荣先,于文吉.风电叶片用竹基纤维复合材料力学性能的评价[J].木材工业,2012,26(3):7-10.
- [4] 祝荣先,周月,任丁华,等.制造工艺对竹基纤维复合材料性能的影响[J].木材工业,2011,25(3):1-3.
- [5] 张亚梅,余养伦,于文吉.热处理对毛竹竹材颜色变化的影响[J].木材工业,2009,23(5):5-7.
- [6] 张亚慧,孟凡丹,于文吉.疏解次数对竹基纤维复合材料性能的影响[J].木材工业,2011,25(5):1-4.
- [7] 张亚慧,祝荣先,于文吉,等.浸胶竹纤维化单板干燥温度对竹基纤维复合材料性能的影响[J].木材工业,2011,25(6):1-4.

- [8] 俞福惠,李兆龙.日本的竹材着色处理技术[J].今日科技,1986(7):10-11.
- [9] 韦双颖,顾继友,孟黎鹏,等.桦木单板芯表层染色工艺参数的遴选[J].东北林业大学学报,2007,35(4):34-35.
- [10] 王菊生.染整工艺原理:第3册[M].北京:中国纺织出版社,1984.
- [11] Tenorio C, Moya R, Quesada-Pineda H J. Kiln drying of Acacia mangium wood: colour shrinkage, warp, split and check in dried lumber[J]. Journal of Tropical Forest Science, 2012, 24(1):125-139.
- [12] Zhang Y M, Yu Y L, Yu W J. Effect of thermal treatment on the physical and mechanical properties of *Phyllostachys pubescens* bamboo[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2013, 71(1):61-67.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)

(上接第23页)

参考文献:

- [1] ASTM D 5456. Standard specification for evaluation of structural composite lumber products [S].
- [2] 王宏棣,时兰翠.单板条平行成材(PSL)研究现状及发展趋势[J].林业科技,2007,32(4):51-53.
- [3] 高婧,王石建,朱祥光,等.工艺因子对杨木碎单板PSL材性变异性的影响[J].林业科技开发,2011,25(1):57-59.
- [4] 那斌,王雯雯,王实建,等.单板条层积材(PSL)施胶方法与热压工艺的研究[J].西北林学院学报,2012,27(1):241-245.
- [5] 卢晓宁,王石建,宋明鑫,等.单板条层积材力学性能的预测模

- 型[J].南京林业大学学报(自然科学版),2012,36(4):119-122.
- [6] Denes L, Lang E M, Kovacs Z. Product development from veneer-mill residues: An application of the taguchi's method [J]. Wood and Fiber Science, 2006, 38(1): 36-48.
- [7] Dai C P, Yu C M, Zhou C. Theoretical modeling of bonding characteristics and performance of wood composites. Part I. Inter-element contact[J]. Wood and Fiber Science, 2007, 39(1):48-55.

(责任编辑 张一萍)

欢迎订阅《木材工业》杂志,邮发代号 2-311

订单下载请登录: www.criwi.org.cn/mcgy_zz/