

单板厚度对单板层积材性能的影响

孟凡丹, 吴秉岭, 余养伦, 于文吉

(中国林科院林业新技术研究所; 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)

摘要: 采用 4~8 mm 厚杨木、桉木单板, 经展平处理后组坯热压制造单板层积材 (LVL), 分析单板厚度对 LVL 性能的影响。结果表明: 本试验范围内, 试板的各项强度指标均随单板厚度的增加而降低, 但仍达到 GB/T 20241-2006《单板层积材》不同等级的要求; 生产同等厚度的 LVL, 使用厚单板的耗胶量比常规单板降低约 2/3。

关键词: 单板厚度; 单板层积材; 物理力学性能

中图分类号: TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2016) 03-0005-04

Effect of Thicker Veneers on Properties of Laminated Veneer Lumber

MENG Fan-dan, WU Bing-ling, YU Yang-lun, YU Wen-ji

(Research Institute of Forestry New Technology, Chinese Academy of Forestry (CAF); Research Institute of Wood Industry, CAF;
Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors conducted an experiment using laminated veneer lumber (LVL) with 4~8 mm of thick veneers from fast-grown poplar and eucalyptus wood. The results showed that the LVL strength such as modulus of rupture, modulus of elasticity and shear strength all decreased with increasing veneer thickness, but still met the requirements of the National Standard GB/T 20241-2006. Moreover, the LVL made by thicker veneers could save glue consumption compared with conventional LVL.

Key words: veneer thickness; laminated veneer lumber (LVL); physical and mechanical properties

单板层积材 (Laminated veneer lumber, LVL) 是以整幅或拼接的单板, 按顺纹方向组坯胶合而成的板材, 单板厚度通常为 3~6 mm。在制备相同厚度的 LVL 时, 单板厚度越薄, 胶层越多, 耗胶量越大, 成本越高。增加单板厚度, 不仅可以提高出材率, 提高中小径级原木的利用率^[1], 还可以减少耗胶量, 并且增加板材的实木感, 是木材单板化利用的方向之一。

中国林科院木材工业研究所联合相关企业, 成

功开发的专利设备 (ZL 200810106374.6), 可解决厚单板旋切的技术难题, 并提出以 4~10 mm 厚单板为基本单元制备 LVL 的工艺^[2]。但是, 单板厚度增加的同时, 亦会导致单板背面裂隙增多等缺陷^[3]。为了深入探讨单板厚度对 LVL 性能的影响, 笔者在前期研究确定厚单板复合板材基本工艺路线的基础上, 选择 3 种不同厚度的单板制备 LVL, 通过对试板性能检测结果的比较分析, 为采用厚单板制备 LVL 工艺的优化与产业化推广提供依据。

收稿日期: 2015-06-30; 修改日期: 2016-04-13

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项基金“无醛厚芯实木复合板材制造关键技术与应用” (CAFINT2012K02)。

作者简介: 孟凡丹 (1983—), 女, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

责任作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

大青杨 (*Populus ussuriensis*) 原木, 购自河北文安县, 直径 25 cm;

尾巨桉 (*Eucalyptus urophylla*×*grandis*) 原木, 购自广西环江县, 直径 16~18 cm;

酚醛树脂胶 (PF): 购自北京太尔公司, 固体含量 44.50%, 黏度 72 mPa·s (25 ℃), pH 值 13。

1.2 试验设备

BQ19 型无卡轴旋切机, 厚单板展平机^[2], 热压机, 万能力学试验机等。

1.3 制备工艺

1) 旋切、裁剪: 委托加工。将原木锯截成长度为 2.4 m 的木段, 采用无卡轴旋切机, 旋切厚度分别为 2、4、8 mm 的单板带, 并将单板带裁切成宽度为 1.2 m 的单板。

2) 展平、干燥: 将单板先通过展平机, 再气干至含水率 25%; 将单板 5 张堆叠为一组, 进行热压干燥, 单板终含水率 8%~10%。

3) 涂胶、组坯: 单面涂胶量 200 g/m²。按顺纹方向组坯, 板坯铺装厚度 16 mm。

4) 热压、平衡: 热压温度 140 ℃, 热压时间 14 min, 使用厚度规控制板材厚度为 14 mm。LVL 试板幅面为 50 mm×50 mm, 2 个树种每种厚度的单板均压制 4 块。

1.4 性能检测

1) 单板背面裂隙度: 锯制试件规格为 100 mm×100 mm, 使用刻度放大镜 (×10 倍), 测量单板端面裂隙的深度和数量, 按公式计算裂隙度。

$$\text{裂隙度} = \frac{\text{裂缝高度总和}}{\text{裂缝条数总和} \times \text{单板厚度}} \times 100\% \quad (1)$$

2) LVL 物理力学性能: 按照 GB/T 20241-2006 《单板层积材》, 检测 LVL 试板的密度、静曲强度 (MOR)、弹性模量 (MOE)、水平剪切强度 (HSS)、浸渍剥离强度。

3) LVL 湿强度: 试件规格同 MOR\MOE 试件。

① 按照 GB/T 17657-2013 《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》I 类浸渍剥离试验处理条件, 评价室外用 LVL 的湿强度。

将试件浸入 (100±2) ℃沸水中煮 4 h 后, 放置在 (63±3) ℃干燥箱中干燥 20 h, 再浸入 (100±2) ℃沸水中继续煮 4 h。取出后擦去试件表面的附着水, 在室温下冷却 10 min 后进行测试。

② 按照 GB/T 30364-2013 《重组竹地板》规定方法, 评价室内用 LVL 的湿强度。

将试件浸泡于 pH 值 (7±1)、温度 (63±3) ℃的恒温水槽中 24 h±15 min, 擦去试件表面附着水, 在室温下冷却 10 min 后进行测试。

每个条件各取 6 个有效试件, 结果取其均值。

2 试验结果与分析

2.1 单板背面裂隙度

不同厚度单板背面裂隙度的统计及计算结果, 列于表 1。

表 1 单板背面裂隙度
Tab.1 Back cracks of poplar and eucalyptus veneers

名义厚度/ mm	杨木单板				桉木单板			
	实测厚度/mm	裂隙度/%			实测厚度/mm	裂隙度/%		
		最小	最大	平均		最小	最大	平均
2	1.96	23.47	42.35	34.08	2.01	37.31	64.18	56.00
4	4.26	22.30	52.82	37.24	4.00	46.25	71.00	58.86
8	8.12	30.21	65.74	40.35	7.95	42.95	89.66	63.58

由表 1 结果可知, 无论是杨木单板还是桉木单板, 随着单板厚度增加, 其背面平均裂隙度均呈增大趋势。原因是在旋切过程中, 单板厚度越大, 其卷曲越严重, 单板背面受到的拉应力越大。

相同厚度的单板, 杨木单板的裂隙度 (最大值、最小值和平均值) 均小于桉木单板。原因是杨木材质较松软, 塑性较大; 而桉木材质较硬, 塑性较小, 且生长应力大。在制备相同厚度的单板时, 桉木单板的裂隙度更多^[4]。

2.2 单板厚度对力学性能的影响

不同厚度单板制备杨木 LVL 和桉木 LVL, 其 MOR、MOE 与 HSS 检测结果, 列于表 2。

2.2.1 MOR、MOE

由表 2 可知, 2 个树种 3 种厚度单板制备的 LVL, 其 MOR 均超过 GB/T 20241-2006 《单板层积材》中最高级别 180 E 优等品的强度指标值, MOE 达到了 90 E~130 E 级指标值要求。

随着单板厚度的增大, 桉木 LVL 和杨木 LVL 的强度均降低, 其原因可能来自三方面:

1) 旋切后的单板, 为了平衡其松、紧两面弧长差引起的应力, 在其背面按顺纹方向疏解出一系列

表 2 不同厚度单板制备 LVL 的力学性能
Tab.2 Mechanical properties of LVL made with
veneers of different thickness

单板		杨木 LVL					
厚度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/MPa		MOE/MPa		HS/MPa	
		⊥	//	⊥	//	⊥	//
2	0.52	100 (10.35)	91 (3.92)	11 044 (3.99)	10 518 (4.35)	8.30 (5.02)	9.51 (6.99)
4	0.50	97 (18.63)	87 (13.92)	10 292 (13.97)	10 452 (9.72)	7.52 (11.48)	8.61 (9.00)
8	0.45	92 (21.61)	81 (16.63)	10 073 (12.27)	10 030 (10.64)	7.38 (5.85)	8.50 (9.68)
单板		桉木 LVL					
厚度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/MPa		MOE/MPa		HSS/MPa	
		⊥	//	⊥	//	⊥	//
2	0.65	115 (7.58)	104 (14.89)	13 080 (6.04)	12 353 (6.38)	9.46 (6.95)	10.15 (9.07)
4	0.57	84 (12.42)	87 (17.23)	10 390 (10.14)	10 940 (10.86)	7.92 (10.94)	7.14 (8.82)
8	0.52	70 (19.27)	71 (13.88)	9 023 (9.67)	9 516 (10.87)	7.24 (10.45)	6.86 (1.69)
GB/T 20241-2006	90 E	33.5	-	9 000	-	-	-
	180 E	67.5	-	18 000	-	-	-
	65V-55H	-	-	-	-	6.5	5.5

注：括弧内数字为变异系数，单位为%。下表同。

点状或线段状裂纹；单板越厚，在其背面疏解产生的裂纹数量越多且越深，部分深裂纹可使单板透裂，破坏了木材本身的整体结构，单板强度下降^[5]。

2) 木材的密度决定其刚度和强度，密度增大，其刚度和强度增加；LVL 的刚度和强度亦受密度的影响。而随着单板厚度增加，LVL 的密度降低，因此其 MOR、MOE 亦相应降低。

3) 单板涂胶后，其胶合界面（胶层及有胶黏剂渗入的单板表层）的刚性较单板增强。根据复合材料的复合效应，胶合界面越靠近中心层，对复合材料强度的贡献越小^[6]。在单板涂胶量和板坯铺装厚度相同的条件下，单板厚度越大，板材的胶层越少，胶合界面越接近中心层，因此，随着单板厚度增加，LVL 的 MOR、MOE 降低。

桉木 LVL 的强度降幅大于杨木 LVL。原因是桉木材质较硬，旋切时单板背面裂隙度较大，故随着单板厚度增加，桉木单板的强度损失严重；并且，桉木 LVL 的密度降幅大于杨木 LVL，故其强度降幅亦高于杨木 LVL。

2.2.2 HSS

由表 2 可知，3 种厚度单板制备的 LVL，其 HSS 均超过 GB/T 20241-2006 中最高等级 65V-55H 级的要求。随着单板厚度增加，2 个树种 LVL 的 HSS 呈下降趋势。原因是随着单板厚度增加，LVL 板材的密度降低以及胶合界面靠近中心层，同时导致了板材的 HSS 降低。

桉木 LVL 的 HSS 降幅大于杨木 LVL。桉木本身的密度和力学性能大于杨木，理论上其 LVL 的强度应高于杨木 LVL，但由于桉木的生长应力较大，在制备厚单板时，桉木单板的背面裂隙度较大，故其单板的强度损失率大于杨木单板。

表 2 数据与 GB/T 20241-2006 标准值比较结果表明，由于桉木和杨木 LVL 试板的 MOE 较低，降低了其力学强度等级。尤其是单板厚度为 8 mm 时，试板的 MOE 只能达到 90 E 级，而 MOR 和 HSS 均达到相应最高级 180 E 和 65V-55H 水平。

2.3 单板厚度对浸渍剥离强度及湿强度的影响

1) 浸渍剥离试验结果显示，3 种厚度单板制备的桉木和杨木 LVL 试件均未发现剥离现象，其浸渍剥离性能均达到 GB/T 20241-2006 的要求。

2) 不同厚度单板制备 LVL 的湿静曲强度测试结果，列于表 3。

表 3 单板厚度对板材湿静曲强度的影响

Tab.3 Effect of veneer thickness on wet strength of LVL

单板		杨木 LVL		桉木 LVL	
厚度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/MPa		密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/MPa
		100 ℃	63 ℃		100 ℃ 63 ℃
2	0.52	47.56 (6.72)	51.90 (4.21)	0.65	60.18 (4.82) 65.81 (6.35)
4	0.50	44.23 (5.43)	46.80 (7.19)	0.58	54.16 (5.97) 56.57 (8.38)
8	0.44	42.37 (8.44)	45.27 (7.50)	0.53	50.84 (7.60) 54.80 (7.14)

由表 3 结果可知，经过两种条件处理后的 LVL，仍保持了较高的湿强度，但与干强度相比，均有较大幅下降；100 ℃沸水循环水煮处理的试件的降幅大于 63 ℃水泡处理试件。

表 3 结果还显示，无论是 63 ℃水泡处理，还是 100 ℃水煮处理，随着单板厚度的增加，桉木和杨木 LVL 的湿强度均降低，但降幅减小。试件的破坏

方式由背板拉断或层间剪切破坏,变为非弹性破坏或胶层开裂。原因是湿热处理后,胶层的胶合强度下降;随着板材含水率增加(高于纤维饱和点以后),木材的塑性增大,强度下降。

不同树种 LVL 对比结果显示,杨木 LVL 的干强度大于桉木 LVL,但是经过水煮或水泡处理后,桉木 LVL 的湿强度降幅较小,故其湿强度反而比杨木 LVL 高,原因有待进一步研究。

2.4 单板厚度对耗胶量的影响

以生产 14 mm 厚度规格的 LVL 为例,在单面涂胶量同为 200 g/m²、压缩比亦相同的条件下,用不同厚度单板制备 LVL 对应的耗胶量列于表 4。

表 4 单板厚度与耗胶量的关系
Tab.4 Veneer thickness vs. glue consumption

单板厚度/ mm	单板数量/ 张	胶层数量/ 层	总耗胶量/ g
2	8	9	1 800
4	4	5	1 000
8	2	3	600

表 4 结果表明,随着单板厚度的增加,耗胶量明显减少。采用 4、8 mm 厚单板制备 LVL,耗胶量仅为 2 mm 厚单板 LVL 的 55.56%和 33.33%。耗胶量的减少不仅可降低用胶成本,同时提高板材的环保性能。

3 结论

1) 在本试验条件下,以 2~8 mm 厚桉木和杨木单板为基本单元制备 LVL,随着单板厚度增加,单板背面裂隙度增大,LVL 强度降低,但两个树种 LVL 的 MOR 和 HSS 均达到 GB/T 20241-2006《单板层积材》最高强度级别 180 E 和 65V-55H 的要求,MOE 达到 90 E 级要求。

2) 生产相同厚度的 LVL,采用 4~8 mm 厚单板相比 2 mm 厚单板,虽然板材的强度有损失,但耗胶量大幅减少,板材的环保性能提高。

3) 后续研究将采用竹木复合的方法,以提高 LVL 的 MOE,进一步拓展板材的应用范围。

参考文献:

[1] 苏志英,柴德安.杨木厚芯胶合板制造及其在木门行业的应用[J].人造板通讯,2005(10):23-25.
[2] 余养伦,孟凡丹,于文吉.厚单板制备木质复合板材的工艺、关键设备和性能[J].木材工业,2016,30(1):31-34.
[3] 余养伦.竹桉复合材料优化重组技术研究[D].北京:中国林业科学研究院,2007.
[4] 赵立.影响厚单板旋切质量的研究[J].北京林学院学报,1980:68-78.
[5] 余养伦,于文吉,王戈.桉树单板层积材的制造工艺和主要性能[J].林业科学,2007,43(8):154-158.
[6] 益小苏,杜善义,张立同.复合材料手册[M].北京:化学工业出版社,2009.

(责任编辑 向 琴)

行业简讯

满洲里口岸锯材进口保持增长态势

2015 年,在宏观经济低迷、房地产等传统用材行业开工率不足等因素影响下,全国木材进口出现显著下滑,但满洲里口岸锯材进口却逆势实现大幅增长。据统计,2015 年满洲里口岸进口俄罗斯锯材 498.4 万 m³,同比增长 20.2%,占全国锯材进口量近 20%;其中红松、樟子松、落叶松三种锯材占锯材进口量的 90%以上。

自 2008 年以来,满洲里口岸锯材进口一直保持高速增长态势。从 2008 年的 119.8 万 m³到 2015 年的 498.4 万 m³,增长了 316%,锯材进口占木材进口总量的比重达 54.2%,已取代原木成为满洲里口岸进口量最大的木制品品种。

锯材进口大幅上涨的原因主要有:1)近年来俄

罗斯为了鼓励在本国进行木材初加工,对原木出口征收惩罚性的出口关税,以推动锯材的出口;2)自 2014 年开始,我国将逐步全面停止全国天然林的商业性采伐。目前东北和内蒙古等重点国有林区的商业性采伐已经停止,使得我国对进口木材的依存度大幅提升。满洲里口岸作为对俄贸易的重要口岸,木材进口优势进一步凸显。

面对进口锯材的快速增长,满洲里检验检疫局采取多项措施积极应对:1)强化进口木材检验现场监管,提高复尺比例,确保结果的可靠性;2)维护升级“木材检尺管理系统”软件,提高检验速度和数据传输效率;3)加强锯材的检疫力度,防止有害生物携带传入,保障国内的生态安全。 本刊摘编