

厚单板制备包装用单板层积材的涂胶量因子分析

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: 以 4.5、6.0 mm 厚速生杨木、桉木单板为原料, 制备单板层积材 (LVL), 讨论涂胶量对板材物理力学性能的影响。结果表明: 在涂胶量为 200 g/m² 时, 单板层积材的各项强度指标均达到 GB/T 20241-2006《单板层积材》中不同等级的要求; LVL 可用作包装材料而无需熏蒸处理, 应用前景广阔。

关键词: 杨木; 桉木; 厚单板; 单板层积材; 涂胶量; 物理力学性能; 包装材料

中图分类号: TB484.2; TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2016) 04-0013-04

Manufacturing Technology and Application of Laminated Veneer Lumber Made with Thicker Veneers

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: 4.5 to 6.0 mm thick veneers, made from fast-growing poplar and eucalyptus, were used to manufacture laminated veneer lumber (LVL), and then the properties of the LVL samples were evaluated. The results showed that when the veneer glue spread was greater than 200 g/m², the modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and horizontal shear strength (HSS) of LVL met the specifications of the National standard GB/T 20241-2006, and could be used for packaging materials.

Key words: poplar; eucalyptus; thicker veneer; laminated veneer lumber (LVL); glue spread; physical and mechanical properties; packaging materials

木质包装材料分为实木包装材料和人造板包装材料两大类, 广泛应用于机电设备、石油化工、五金机械等领域。采用实木包装出口的产品, 进口国往往要求提供木材熏蒸证明; 而人造板包装材料, 则无需再经过高温热处理或熏蒸杀虫灭菌处理, 是被世界公认的免检包装材料^[1]。

以小径级速生材为原料生产单板层积材 (LVL), 不仅实现了“小材大用”的目的, 还可克服速生材材质松软、强度低、尺寸变异性大等缺点, 对缓解我国木材短缺的供需矛盾具有重要意义^[2-3]。LVL 作为包装材料, 不仅保留木材的一些天然特性, 同时, 还具有一些独特的优点, 如可免熏蒸杀虫处理, 在我国包装行业的应用比例逐年增加。

中国林科院木材工业研究所联合相关企业, 开发了以 4~6 mm 厚单板制备的新型 LVL 的工艺技术。使用厚单板制备相同厚度的 LVL 板、方材产品, 比用薄单板显著减少耗胶量, 产品具有更强的实木感, 可用于包装箱板、框架等非承重构件, 及办公桌等

收稿日期: 2015-06-30; 修改日期: 2016-06-23

基金项目: 林业公益性行业科研专项“速生林木材高效重组制造关键技术与示范”(201404503)。

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。

家具的台面板,应用前景广阔^[4-5]。

本研究以国内大量引种栽培的、且包装材料标准 LT/T 1656-2006《实木包装箱板》推荐使用的速生人工林桉树、杨树木材为原料,采用酚醛树脂胶制备 LVL,探讨涂胶量对板材物理力学性能的影响,旨在 LVL 在包装领域的推广应用提供参考。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

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

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

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

添加剂:工业面粉,粒径 60 目,添加量为 15%。

1.2 试验装置

无卡轴旋切机(BQ19 型),厚单板展平机,热压机,万能力学试验机,水浴锅,恒温水箱等。

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 4.5、6.0 mm 的单板带,并将单板带剪切成宽度为 1.2 m 的单板。

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

3)涂胶组坯:设定 4 组涂胶量(单面),分别为 150、200、250、300 g/m²,按顺纹方向组坯,板坯铺装厚度均为 18 mm,试板幅面为 50 mm×50 mm。

4)热压成型:依据前期预实验,设定热压温度 140 ℃,热压压力 1.5 MPa,热压时间 1 min/mm,用厚度规控制试板厚度为 14 mm。2 个树种每种厚度的单板均压制 4 块。

1.4 性能检测

按照 GB/T 20241-2006《单板层积材》,测试试板的密度、静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、水平剪切强度(HSS)和浸渍剥离性能。

按照 GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》、GB/T 30364-2013《重组竹地板》

规定方法,测试试件分别经过(100±2)℃水煮、(63±3)℃水浸泡后,检测湿抗弯性能,试件规格同 MOR/MOE 试件。

2 试验结果与分析

2.1 涂胶量对 LVL 性能的影响

在不同涂胶量的条件下,两种厚度杨木、桉木单板制备的 LVL 的抗弯、抗剪性能测试结果,列于表 1、表 2。

表 1 4.5 及 6 mm 厚单板制备 LVL 的抗弯、抗剪性能
Tab.1 MOR, MOE and HSS of LVL made with 4.5 and 6 mm thick veneers

树种	单板厚度/mm	涂胶量/(g·m ⁻²)	密度/(g·cm ⁻³)	MOR/MPa	MOE/MPa	HSS _⊥ /MPa	HSS _∥ /MPa
杨木	4.5	150	0.48	87.70	9 446	5.83	8.40
		200	0.48	89.75	9 368	6.52	8.57
		250	0.51	97.88	11 216	6.58	8.82
		300	0.51	109.02	10 439	6.16	8.64
	6.0	150	0.45	78.35	9 737	5.50	7.67
		200	0.46	81.09	9 763	6.33	8.04
		250	0.48	87.38	10 402	6.50	8.42
		300	0.49	89.61	10 307	6.59	8.69
桉木	4.5	150	0.56	82.21	10 154	6.53	7.00
		200	0.56	85.47	10 776	6.64	7.29
		250	0.58	85.98	11 159	6.97	7.71
		300	0.59	89.15	11 137	7.00	8.11
	6.0	150	0.57	83.13	10 008	5.50	6.90
		200	0.58	82.58	10 868	5.69	7.24
		250	0.59	86.47	11 234	5.78	7.31
		300	0.60	87.63	11 189	6.01	7.43
	GB/T 20241-2006	90 E		33.5	9.0×10 ³		
		180 E		67.5	18×10 ³		
		55V-47H				5.5	4.7

1) 干状抗弯、抗剪强度

由表 1 结果可知,两个树种 2 种厚度的单板在不同涂胶量下制备的 LVL 试板,其 MOR 均超过 GB/T 20241-2006 中最高强度级别 180 E 的指标值要求,MOE 达到其中 90 E 级指标值要求,HSS 均达到 55V-47H 级指标值要求。

表 1 结果表明,随着单板涂胶量从 150 g/m²增加到 250 g/m²,桉木、杨木 LVL 的 MOR、MOE 和 HSS 均呈增加趋势。

表2 4.5及6 mm厚单板单板制备 LVL 的湿抗弯性能

Tab.2 Wet MOR, MOE of LVL made with
4.5 or 6 mm thick veneers

树种	单板 厚度/ mm	涂胶量/ (g·m ⁻²)	密度/ (g·cm ⁻³)	水处理条件			
				MOR/MPa		MOE/MPa	
				100 ℃	63 ℃	100 ℃	63 ℃
杨木	4.5	150	0.47	39.20	49.55	6 130	6 381
		200	0.47	41.52	49.60	6 881	7 295
		250	0.48	42.31	52.82	7 131	7 694
		300	0.50	44.38	54.28	7 753	7 904
	6.0	150	0.45	38.06	41.13	5 802	6 099
		200	0.46	39.91	40.93	6 192	6 528
		250	0.46	42.17	43.46	6 487	7 261
		300	0.48	45.37	44.58	6 900	7 815
桉木	4.5	150	0.61	41.57	49.38	8 339	9 439
		200	0.60	46.85	55.33	8 652	9 596
		250	0.60	49.95	56.23	9 499	9 998
		300	0.62	52.33	58.15	9 637	10 631
	6.0	150	0.61	40.97	43.01	7 603	8 200
		200	0.59	43.89	51.33	7 759	8 544
		250	0.59	48.06	55.10	8 541	9 384
		300	0.61	51.33	56.06	8 543	9 670

表1结果亦显示,随着单板涂胶量增加,LVL试板的密度随之增加,材料的密度决定其刚度和强度,因此,LVL试板的MOR、MOE和HSS提高;并且,旋切单板厚度越大,其表面粗糙加剧,背面裂隙度亦更大。只有增加涂胶量,才能将凹凸不平的单板表面和背面裂隙填充,并在单板表面形成连续、均匀的胶膜。

当涂胶量大于250 g/m²时,LVL试板MOR、MOE和HSS增幅趋缓。根据胶合理论,胶层越薄胶合性能越好。随着涂胶量的进一步增加,胶层厚度增加,固化时收缩应力增大,胶层脆性增加^[6],因而对MOR、MOE和HSS的提升作用有限。

2) 浸渍剥离

浸渍剥离试验结果显示:涂胶量为150 g/m²时,杨木和桉木LVL的部分试件发生剥离;当涂胶量增至200、250 g/m²时,杨木LVL试件仅个别发生剥离,而桉木LVL试件未出现剥离,达到GB/T 20241-2006的要求。其原因也是由于粗糙单板必须提高涂胶量,保证单板表面形成连续均匀的胶膜,才能得到良好的抗浸渍剥离性能。

3) 湿状抗弯强度

由表2可知,经过两种条件处理后的试件,保持了较高的湿强度,但与干强度相比,均有较大幅度的下降,28 h沸水循环水煮处理试件的降幅大于63 ℃水泡处理。

如图1所示,无论是水泡处理,还是水煮处理,桉树和杨木LVL的湿强度,随着单板涂胶量的增加基本呈上升趋势。主要原因是固化后的酚醛树脂具有良好的耐水性,其用量增加,有助于提高板材的湿强度。

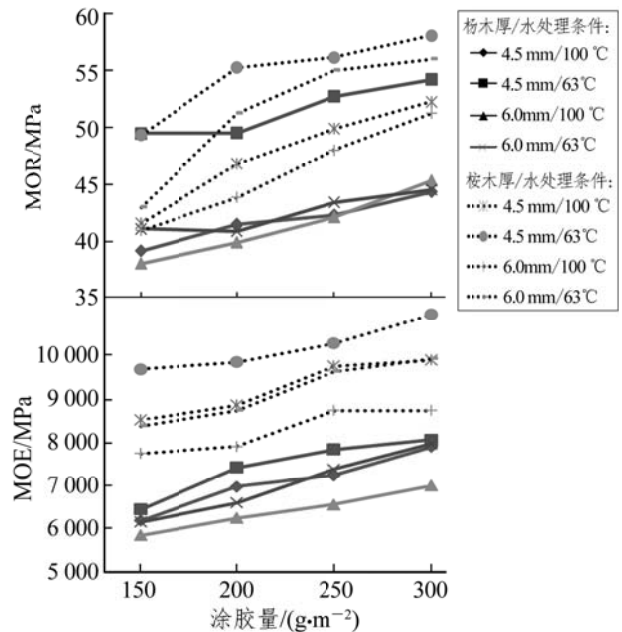


图1 LVL湿强度随单板涂胶量的变化

Fig.1 Wet MOR, MOE of LVL vs. veneer glue spread

2.2 单板厚度对LVL性能的影响

由表1结果可知,同一树种木材而言,6 mm厚单板与4.5 mm厚单板制备的LVL试板相比,前者的MOR、MOE和HSS较低,与前期研究结果一致^[5]。其原因在于:

1) 由于使用的木材来自速生人工林,材质松软,随着单板厚度增加,LVL的整体密度有所降低,导致其MOR、MOE和HSS降低^[7];

2) 旋切单板时,随着单板厚度的增加,其松、紧两面弧长差增大。为了平衡单板松、紧两面弧长差引起的应力,对单板松面顺纹方向进行的人为疏解,会对单板本身的整体结构有些负面影响,使得单板的强度下降^[8]。单板越厚,其松面疏解出的裂纹数量越多,深度越深,甚至可达到单板透裂。

综合分析,单板涂胶量在 200~250 g/m² 范围内, LVL 的综合力学性能良好。从降低板材生产成本和提高环保性能等方面考虑,选择单板涂胶量为 200 g/m² 进行后续试验。

2.3 厚单板 LVL 的应用

将不同厚度单板制备的 LVL 与实木力学性能进行对比,结果列于表 3。

表 3 单板层积材与实木力学性能比较
Tab.3 Comparison of mechanical properties
between LVL and solid wood

树种	类别	单板厚度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa
杨木	实木 ^[9]	-	0.39	59.52	8 139
	LVL	4.5	0.48	89.75	9 368
		6.0	0.46	81.09	9 763
桉木	实木 ^[10]	-	0.53	89.60	8 762
	LVL	4.5	0.56	85.47	10 776
		6.0	0.58	82.58	10 868

杨木、桉木实木与其 LVL 的性能比较发现, LVL 作为包装材料具备明显优势:

1) 在本试验条件下,涂胶量为 200 g/m² 时,4.5、6.0 mm 厚单板制备的 LVL 的物理力学性能,优于或接近实木性能。

2) 以往研究发现,制备 14 mm 厚度 LVL 时,采用 4、8 mm 厚单板的耗胶量,仅为 2 mm 厚单板的 55.56%和 33.33%,胶黏剂成本明显降低^[5]。

3) 厚单板制备的 LVL 用作包装材料时,无需再经过高温热处理或熏蒸杀虫灭菌处理,从而可减少生产工序,降低生产成本。

3 结论

1) 用 4.5~6.0 mm 厚杨木和桉木单板制备 LVL, 板材的力学性能随着单板涂胶量的增加而增强;在涂胶量≥200 g/m² 时, LVL 的抗弯、抗剪及浸渍剥离等主要力学强度指标达到 GB/T 20241-2006《单板层积材》的要求。

2) 在单板涂胶量为 200 g/m² 时,4.5~6.0 mm 厚杨木、桉木单板制备的 LVL,其力学性能优于实木或接近实木性能,相比 2 mm 厚单板制备的 LVL 的耗胶量大幅降低。

3) LVL 作为包装材料使用,无需再熏蒸处理,不仅减少生产工序,节约了生产成本,且更具环保特性。

参考文献:

- [1] 梁艳君,于文吉.木/竹基复合材料在机电产品包装的应用[J].木材工业,2015,29(2):30-33.
- [2] GB/T 20241-2006,单板层积材[S].
- [3] 韩雪山,何渊井,陈志强.单板层积材在机电产品包装上的应用前景[J].中国包装工业,2012(11):40-41.
- [4] 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.
- [5] 孟凡丹,吴秉岭,余养伦,于文吉.单板厚度对单板层积材性能的影响[J].木材工业,2016,30(3):5-8.
- [6] 顾继友.胶粘剂与涂料[M].北京:林业科学出版社,1999.
- [7] 尹思慈.木材学[M].北京:中国林业出版社,1996.
- [8] 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.
- [9] 中国林业科学研究院木材工业研究所.中国主要树种的木材物理力学性质[M].北京:中国林业出版社,1982.
- [10] 覃引鸾.尾巨桉木材主要材性及其变异规律研究[D].南宁:广西大学,2011.

(责任编辑 向 琴)

(上接第8页)

参考文献:

- [1] 司戈,从英.夹芯板的消防安全[J].消防技术与产品信息,2003(7):13-15.
- [2] 刘家鑫.酚醛泡沫应用于彩钢夹芯板的分析与探讨[J].墙材革新与建筑节能,2010(8):35.
- [3] 贾冬梅,贾南,李琰,等.酚醛泡沫彩钢夹芯板防火性能研究[J].消防技术与产品信息,2012(4):022.
- [4] 王志才,白培康.酚醛泡沫及其复合材料的研究与应用进展[J].工程塑料应用,2011,39(5):106-109.
- [5] 宋新武,查晓雄.建筑用绝热金属面夹芯板抗弯承载力的试验研究[J].工业建筑,2011,41(3):9-15.
- [6] 李国琴.泡沫夹层复合材料的制备及其力学和阻燃性能的研究[D].东华大学,2011.

- [7] MR Ricciardi, V Antonucci, M Zarrelli, et al. Fire behavior and smoke emission of phosphate-based inorganic fire-retarded polyester resin [J]. Fire and Materials, 2012, 36(3): 203-215.
- [8] 张阳.聚合物材料燃烧性和阻燃性的研究[D].广州:华南理工大学,2012.
- [9] 顾继友.胶粘剂与涂料[M].北京:中国林业出版社,1999:140-141.
- [10] 张龙飞,牛二彦,陈志林,等.增强型酚醛泡沫板的性能[J].木材工业,2015,29(3):22-25.
- [11] B Lecouvet, S Bourbigot, M Sclavons, et al. A comprehensive study of the synergistic flame retardant mechanisms of halloysite in intumescent polypropylene[J]. Polymer Degradation and Stability, 2013, 98(11): 2268-2281.

(责任编辑 向 琴)