

实用技术

集成材胶合工艺的研究

彭立民, 王金林

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 以水曲柳、核桃楸和长白鱼鳞云杉为试验用材, 采用水性高分子聚合物—异氰酸酯作胶黏剂, 以单位压力、加压时间和涂胶量为试验因子进行集成材的胶合试验, 并对其胶合性能进行检验。通过试验结果分析, 得出较优的胶合工艺条件为: 单位压力 2.0 MPa(水曲柳、核桃楸)、1.5 MPa(长白鱼鳞云杉), 加压时间为 60 min, 涂胶量为 250 g/m²。

关键词: 集成材; 剪切强度; 正交试验

中图分类号: TS653.3 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2004)03-0029-03

Study on Processing Variables of Glued Laminated Timber

PENG Li-min, WANG Jin-lin

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Manchurian Ash (*Fraxinus mandshurica*), Manchurian Walnut (*Juglans mandshurica*) and Spruce (*Picea jezoensis* var. *komarovii*) lumber were selected to determine process variables to glued laminated timber (GLT) with water based polymeric—异氰酸酯 adhesive. The influence factors, such as the pressure, pressing time and adhesive consumption, on shear strength of the glued laminated timber were investigated through the orthogonal test. The results indicated that optimum technological parameters for glued laminated timber manufacturing were as follows: pressure at 1.5 MPa for Spruce and 2.0 MPa for both Manchurian Ash and Manchurian Walnut lumber, pressing time for 60 minutes and the spread of 250 g/m².

Key words: Glued laminated timber; Shear strength; Orthogonal test

集成材, 又称胶合木, 是将板材或方材按平行纤维方向组坯, 采用胶黏剂在长度、宽度或厚度方向胶合而成的材料, 不仅具有天然木材的特性, 而且克服了天然木材易翘曲、变形、开裂的缺陷, 与木质工字梁、单板层积材同为 3 种主要的工程成材产品, 在欧洲、北美和日本、俄罗斯等国被广泛用于建筑、家具和装修行业。我国生产胶合木的历史也较早, 但应用极少。近十几年来, 集成材产品日益受到重视, 产量亦不断上升。此外, 集成材生产可以短材小料和小径木为原料, 不仅能缓解市场对优质板方材的供需矛盾, 也是提高木材综合利用率与产品附加值的有效途径^[1]。

本研究参照日本 JAS 非结构集成材性能要求,

以刨切薄木用集成木方相关性能要求为依据, 对 3 种树种木材的集成胶合工艺和性能展开试验。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料与设备

试材 水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)和长白鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* var. *komarovii*) 3 种树种的板材。将板材加工成尺寸为 192 mm × 100 mm × 20 mm (长 × 宽 × 厚) 的板块, 含水率 12%。

胶黏剂 选用双组分水性高分子异氰酸酯, 其组分分配比为主剂: 交联剂 = 100: 15~20 (质量比)^[2,3]。

设备 QD-100 压机和自制集成木方用夹具, RCT-2TR 木材万能力学试验机。

1.2 试验方法

收稿日期: 2003-12-03

基金项目: 国家计委重点科技项目“新型薄木装饰材料系列产品制造及应用技术研究”。

作者简介: 彭立民(1972—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员, 硕士。

集成材制造工艺流程如下:

原木锯制→板材→干燥→纵解→(木条)平、压刨→横截→木块分选→调胶→木块涂胶→配坯→冷压胶合→集成材锯边→检验

1.2.1 胶合试验 水性高分子异氰酸酯系常温固化型胶黏剂,故本试验仅选单位压力 A、加压时间 B 和涂胶量 C 为变化因子。长白鱼鳞云杉木材的密度相对较低于水曲柳和核桃楸,材质较软^[4],故其单位压力取值应略低。3 种木材的加压时间和涂胶量水平相同,详见表 1。按照 $L_9(3^4)$ 正交表安排试验,每种工艺条件下制造试样 4 个。

表 1 3 种木材集成胶合的试验因子和水平

Tab. 1 Experimental factors and levels

	单位压力 A/MPa	加压时间 B/min	涂胶量 C/(g·m ²)
1	1.0(0.5)	40	200
2	1.5(1.0)	50	250
3	2.0(1.5)	60	300

注:括号内为长白鱼鳞云杉木材的单位压力。

1.2.2 集成材胶合强度检测 参照日本集成材标准(2001 年 7 月日本农林省水产省告示第 991 号)进行。

(1)浸渍剥离试验 取不同工艺条件下每个树种的试样 1 块,截取长 75 mm 的试件 2 个,即每个树种组共 18 个试件。将试件浸没在室温水 6 h,之后放入(40±3)℃恒温干燥箱干燥 18 h,冷却后观察胶层有无剥离并测量剥离长度。

(2)胶层剪切强度试验 每个树种取正交试验中各种不同工艺条件下的试样 3 块,按日本集成材标准的规定制作试件(见图 1),每块试样制作试件 6 个,即每种试验条件下的试件共 18 个。其中 9 个用于干状胶层剪切强度的检测,9 个浸没在(63±3)℃的热水中 6 h 后,取出待冷却后,检测其湿状剪切破坏时的最大载荷,并计算出胶层剪切强度。

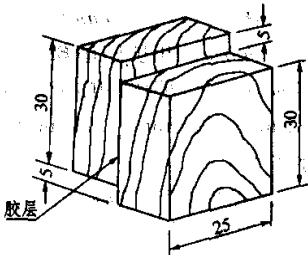


图 1 胶层剪切试验试件示意图

Fig. 1 Sample size for shear strength testing

2 试验结果与讨论

2.1 浸渍剥离试验

3 种木材的胶合试件在经过浸泡、干燥处理后未发现剥离现象,表明试件的浸渍剥离试验达到了 JAS 非结构集成材的合格要求。

2.2 胶层干状和湿状剪切强度

3 种木材胶合试件的干状和湿状剪切强度的检测结果见表 2;湿状剪切强度的方差分析结果见表 3。

表 2 3 种木材集成胶合试件的干、湿剪切强度

Tab. 2 Comparison of shear strength of glued laminated timber both in dry and wet state among three wood species

序号	剪切强度 / MPa					
	水曲柳		核桃楸		长白鱼鳞云杉	
	湿状	干状	湿状	干状	湿状	干状
1	4.32	11.11	6.65	10.04	4.32	7.61
2	4.38	12.35	6.71	11.53	4.28	7.91
3	4.93	9.87	6.93	12.68	4.59	8.69
4	5.95	17.09	7.34	10.39	4.36	6.65
5	5.82	16.36	7.21	10.10	4.34	7.23
6	6.86	12.06	7.54	11.42	4.43	9.36
7	7.74	14.73	8.25	13.23	4.83	7.21
8	6.26	11.90	8.15	11.76	4.92	6.53
9	8.17	10.60	8.31	10.76	5.20	8.84
平均	6.05	12.90	7.45	11.32	4.59	7.78

表 3 3 种木材集成胶合试件湿状剪切强度的方差分析

Tab. 3 Variance analysis of wet shear strength of glued laminated timber

树种	因子	离差平方和	自由度	均方	均方比	显著性
水曲柳	A	12.273	2	6.137	21.235	*
	B	2.050	2	1.025	3.548	
	C	0.247	2	0.124	0.429	
	剩余	0.578	2	0.289		
核桃楸	A	3.293	2	1.647	164.70	**
	B	0.091	2	0.046	4.60	
	C	0.000	2	0.000	0.00	
	剩余	0.019	2	0.010		
长白鱼鳞云杉	A	0.713	2	0.357	29.75	*
	B	0.107	2	0.054	4.5	
	C	0.005	2	0.003	0.25	
	剩余	0.023	2	0.012		

注: $F_{0.05}(2,2)=19.7, F_{0.01}(2,2)=99$

从表 2 和表 3 可以看出:

(1)干状剪切强度 在本试验范围内,3 种木材胶合试件的干状剪切强度的平均值全部达到了 JAS 非结构集成材标准中相对应木材的要求。在相同工艺条件下,水曲柳和核桃楸第 4、5 和 6 次胶合试验以及长白鱼鳞云杉第 7、8 和 9 次胶合试验所得试件的干状剪切强度平均值分别为 15.17、10.64 和 7.53MPa,同样达到了 JAS 的要求。在相同的工艺条件下,3 种木材的干状胶层剪切强度随木材密度的增大而增大。

(2)适宜的胶合工艺参数:压力 2.0 MPa(水曲柳,核桃楸)、1.5 MPa(长白鱼鳞云杉);加压时间 60 min;涂胶量 250 g/m²。经 *F* 检验,单位压力的影响为显著或高度显著,加压时间和涂胶量的影响不显著。

木材胶合时,压力的大小需根据胶黏剂的性质、涂胶量以及木材树种、表面特性进行选择。在一定范围内,压力越大,渗入木材中的胶液越多,胶合面积增加,胶合强度越高;压力过大,胶黏剂将过量渗入木材组织中去,造成胶合面缺胶,胶合强度反而下降。在本试验范围内,3种木材胶合强度均随单位压力增大而显著提高。由于水曲柳木材密度和硬度较大,压力对其强度的影响也最显著,长白鱼鳞云杉木材因其密度较小,所以压力的影响程度也相对较小。在本试验中,胶层湿状剪切强度随加压时间的延长而有所提高。

涂胶量的3个水平对湿状剪切强度影响不大,只有水曲柳试件的湿状剪切强度随涂胶量的增加而有所提高,这是由于水曲柳木块在加工时厚度变异大于另2种木材,且系环孔材,胶黏剂容易渗透,因而需要较大涂胶量。但从整体而言,3个水平的涂胶量均可满足工艺要求。当涂胶量为 300 g/m² 时,加压过程中尚有部分胶液被挤出。

2.3 胶合试件干、湿状剪切强度对比及强度保存率

$$\text{强度保存率}/\% = \frac{\text{湿状剪切强度}}{\text{干状剪切强度}} \times 100$$

根据表2所列试件的干、湿剪切强度平均值,按上式计算强度保存率,结果见表4。

表4 3树种试块的干、湿状剪切强度及强度保存率

Tab. 4 The wet shear strength, dry shear strength and the strength holding ratio for three species glued wood block samples

树种	剪切强度/MPa		强度保存率/%
	湿状	干状	
水曲柳	6.05	12.90	47
核桃楸	7.45	11.32	66
长白鱼鳞云杉	4.59	7.78	59

从表4可以看出,3个树种木材胶合试件的湿状剪切强度平均值依次排列为:核桃楸>水曲柳>长白鱼鳞云杉;强度保存率排序为:核桃楸>长白鱼鳞云杉>水曲柳。

有关木材湿胀的研究表明:无论吸湿膨胀或吸水膨胀,均随树种而异。一般来说,密度大者膨胀高^[4],木材湿胀与干缩一样具有各向异性^[5]。本试验3个树种木材中,水曲柳密度最大,且木材胶合时存在径向和弦向随意组合的情况。另外从3个树种木块的加工精度来看,水曲柳的厚度变异范围最大,表明水曲柳的加工精度较差;在3个树种木块集成胶合试验中,水曲柳胶合木块

经热水处理后,木块吸水膨胀量最大,变异也最大,导致水曲柳的木材-胶黏剂界面上内应力较大,影响到胶合木块的湿状剪切强度,在本试验中反映为水曲柳胶合木块的湿状剪切强度下降大,且保存率较低。

表4的数据还表明,3个树种胶合木块具有较高的干、湿剪切强度。据文献介绍,采用同类胶黏剂的桦木胶合木块的常态剪切强度可高达 23.8~24.6 MPa,反复煮沸处理后的湿状剪切强度亦保留 11.8~12.6 MPa,与间苯二酚树脂胶黏剂的胶合性能相当^[2]。从另一个侧面反映了该种胶黏剂良好的胶合强度和耐水性能。

3 结论

1)水曲柳、核桃楸和长白鱼鳞云杉3树种采用水性高分子异氰酸酯胶黏剂集成胶合,其试件的浸渍剥离试验符合 JAS 非结构集成材的合格要求。

2)在相同的工艺条件下,水曲柳、核桃楸和长白鱼鳞云杉集成材的干状剪切强度的平均值分别为 15.17、10.64 和 7.53 MPa,均达到 JAS 非结构集成材相应树种胶合的干状剪切强度要求;干状剪切强度与树种的密度成正相关。

3)3树种集成材的湿状剪切强度平均值从大到小排序为:核桃楸(7.45 MPa)、水曲柳(6.05 MPa)、长白鱼鳞云杉(4.59 MPa);强度保存率从大到小依次为:核桃楸(66%)、长白鱼鳞云杉(59%)、水曲柳(47%)。

4)3树种集成材的胶合试验表明:单位压力对水曲柳和长白鱼鳞云杉的湿状剪切强度影响显著,对核桃楸的影响高度显著;加压时间和涂胶量对三种木材的影响均不显著;胶合木块的湿状剪切强度随单位压力增大而增大,随加压时间的延长而有所提高。

5)本试验条件下,3种木材集成胶合的较佳工艺条件为:单位压力 2.0 MPa(水曲柳,核桃楸)、1.5 MPa(长白鱼鳞云杉);加压时间 60 min,涂胶量 250 g/m²。

参考文献:

- [1] 郝金城,危力全. 集成材制造技术问答[J]. 人造板通讯, 2003 (5):15-17.
- [2] 吴丹平. 水性高分子-异氰酸酯系胶黏剂的最新发展[J]. 木材工业, 1994, 8(3):42-44.
- [3] Pizzi A. (Edited). Wood Adhesives, Chemistry and Technology [M]. V. Z. Marcel Dekker, Inc. 1989, 273.
- [4] 成俊卿,杨家驹,刘鹏. 中国木材志[M]. 北京:中国林业出版社, 1992.
- [5] 日本林业试验场. 木材工业手册[M]. 日本丸善株式会社, 1982.