

研究与开发

胶合板胶合效果评价方法探讨

张宏健¹,尹秀明²,邱荣强¹,曾尚均²,员永生¹

(1. 西南林学院,昆明 650224; 2. 昆明西木木材工业研究开发公司,昆明 650224)

摘要: 现行胶合板标准采用传统的胶合强度指标(含木破率)评判胶合板的胶合性能具有一定的局限性。本文通过对胶合板胶合强度的分析和胶合界面的观察,包括显微观察,提出以胶合有效性、木材破坏率和胶合层剪切弹性模量或其综合评分为衡量指标,是评判胶合板胶合效果较为客观的方法。

关键词: 胶合板; 胶合强度; 胶合效果

中图分类号: TS653.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2003)05-0004-04

Evaluation Method of Adhesion Effect for Plywood

ZHANG Hong-jian¹, YIN Xiu-ming², QIU Rong-qiang¹, ZENG Shang-jun², YUN Yong-sheng¹

(1. Southwest Forestry College, Kunming 650224, China; 2. Kunming Ximu Wood Industry R & D Co., Kunming 650224, China)

Abstract: Based on the test and analysis of plywood sample bonding strength, as well as observations on rupture characteristics including micro observation of the glue line, the authors of the paper indicated the limitations of the evaluation method of bonding strength and its wood failure ratio in the current national plywood standards. The authors suggested a new method for evaluating the bonding effect by using the adhesion efficiency, wood failure ratio and shear modulus or their combination as the major indexes.

Key words: Plywood; Bonding strength; Adhesion effect

按照检测和评价胶合板胶合质量的标准(包括我国国家标准)测得胶合强度,辅之以对木材破坏率(简称木破率)的估测,是判别胶合板胶合效果的传统方法,简便、易操作,但是否反映‘胶合’的实质却值得商榷。

胶合是指通过胶粘剂与被胶接物体表面的化学、物理作用,有效地使被胶接物胶接在一起的过程。所谓‘有效胶合’即指受外力时破坏不是发生在胶层上。图 1 为木材的胶合层示意图。要实现‘有效胶合’,必然要求胶粘剂层 1 与胶-木过渡层 2 和有‘胶钉’作用的加强层 3 的拉伸或剪切强度大于被胶合材料(此处为木材)的拉伸或剪切强度;由此,根据胶合理论,有效胶合时各层的强度顺序为:

胶层 1 > 过渡层 2 > 胶钉加强层 3 > 被胶接材料 4

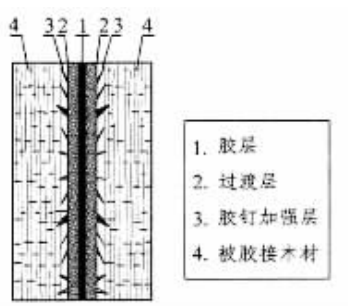


图 1 木材的胶合结构示意图

Fig.1 Sketch of the glue line in wood

如果把胶层 1、过渡层 2 和胶钉层 3 概括为胶合层,客观上必然要求胶合层的总体强度大于被胶合材料本身的强度。根据材料力学的原理,只要是‘有效胶合’,破坏一定发生在被胶接材料的最薄弱处(对应的材料破坏率应为 100%),此时对应的胶合强度并非胶合层的胶合强度,而是被胶合材料的强度。均质材料,包括均质多孔性材料,其强度值应为常数。因此,‘有效胶合’似不应有‘胶合强度’这一(指标)概念;反之,破坏发生在胶合层特别是在胶层 1 上的胶

合应被视为“无效胶合”,此时,材料破坏率可能是 0% (破坏发生在胶层 1 上),也可能是 100% (破坏发生在过渡层 2 或加强层 3 上),但所谓的“胶合强度”也失去了实际追求的胶合的本质意义。

本文旨在探讨评价胶合板胶合效果的可行方法,与同行商榷。

1 试验方法

1.1 材料

单板 八果木 (*Octomeles* spp.) 旋切单板,厚 1.6 mm,密度为 0.45 g/cm³。

胶粘剂 昆明西木木材工业研究开发公司提供的木素酚醛树脂 (LPF) 和昆明新南山木业公司提供的普通酚醛树脂 (PF) 胶,其性能指标见表 1。

表 1 试验用胶粘剂的性能指标

Tab.1 Resin properties				
胶种	固体含量/%	粘度/(mPa·s)	可被溴化物含量/%	pH
LPF	43.3	980	9.87	10.8
PF	45.1	1080	10.9	10.7

1.2 试验设计

采用单因素试验法,样本数为 18,LPF 和 PF 的涂胶量均分别为 300、350、400 g/m² (双面)。

1.3 试验设备

试验压机 (压板幅面 500 mm × 500 mm)、木材万能力学试验机、空气对流干燥箱、数码显微镜。

1.4 试板制作

工艺流程 手工涂胶→组坯→陈化→热压→裁

边→试件锯割→平衡处理

试板规格 400 mm × 400 mm × 4.2 mm (3 层)。

热压条件 压力 1.2 MPa,温度 150 ℃,加压时间 3 min。

1.5 性能评价

1) 胶合强度和木破率 按国标 GB/T 17657-1999 执行。

2) 综合评分 以“有效胶合”为基本要求,结合木破率及胶合界面破坏外形进行主观评分,见表 2。

表 2 胶合板胶合效果判别和评分

Tab.2 Evaluation of the adhesion effect for plywood				
分值	破坏发生部位	破坏面表征	木破率/%	有效性判定
1	胶层	两面见深胶色或粘少量木纤维	0~5	特别无效
2	过渡层	一面见浅胶色,一面粘少量木材	5~30	无效
3	过渡层至木材	两面见部分浅胶色和部分木材	30~70	基本有效
4	过渡层至木材	两面大部见木材	70~95	有效
5	加强层至木材	两面几乎均为木材	>95	特别有效

3) 剪切弹性模量 参照 GB/T 17657-1999 中胶合板胶合强度以剪切破坏为基础的概念,在测试胶合强度时,在剪切应力-应变曲线的线性段前端取点,按式 (1) 计算胶合板的剪切弹性模量 MOE_S 。

$$MOE_S = (F_2 - F_1) / (L_2 - L_1) \tag{1}$$

式中: F_1 和 F_2 - 分别为剪切应力-应变曲线线性段截取的第一点和第二点所对应的应力,MPa;

L_1 和 L_2 - 分别为剪切应力-应变曲线线性段截取的第一点和第二点所对应的应变,mm。

4) 老化试验 参照 GB/T 17657-1999,以沸水煮 4 h + 63 ℃干燥 20 h 为一个循环,以试件自然脱胶时所对应的循环次数为衡量指标。

1.6 试验结果 (见表 3)

表 3 胶合性能检测和评价结果

Tab.3 Test and evaluation results of adhesion effect for plywood											
胶种	水平	涂胶量/(g·m ²)	胶合强度/MPa	变异系数/%	木破率/%	假定标准*结论	实际标准结论	综合评分均值	有效性判定	剪切弹性模量/MPa	水煮-干燥循环次数
LPF	1	300	0.84	25.8	88.1	不合格	合格	3.8	有效	255	9~11
	2	350	1.01	19.7	98.6	合格	合格	4.1	特别有效	289	>13
	3	400	0.94	21.2	95.4	不合格	合格	4.3	特别有效	273	>13
PF	1	300	1.41	18.9	28.8	合格	合格	1.2	无效		0~2
	2	350	0.95	26.2	64.6	合格	合格	3.4	有效		5~7
	3	400	1.07	23.3	78.3	合格	合格	3.9	有效		>13

* 假定标准 即假设试板的“胶合强度”值为 0.95 MPa。

2 分析与讨论

2.1 胶合板标准试件的破坏情况

(1) 胶层破坏 如图 2 所示,破坏发生在胶层,木破率为 0% (个别胶层上粘有极少量木纤维),按表 2

中胶合效果判定方法,为特别无效胶合,但试板的胶合强度值不一定低,只要其胶合强度达标,商业上就认可其为合格产品。

(2) 过渡层破坏 如图 3 所示,大部分破坏发生在过渡层。两面木破率差异大,胶合效果虽属无效胶



图2 胶层破坏

Fig.2 Failure on the glue line

合类,但其胶合强度值却往往不低。表3中PF-1的大部分试件属于此类破坏。其中“胶合强度”达标者在商业上也被认可为合格产品。

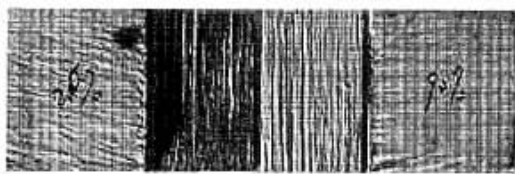


图3 过渡层破坏

Fig.3 Failure in the transition layer

(3)过渡层至木材破坏 如图4所示,部分过渡层破坏和部分木材破坏,其胶合强度值有些达标有些不达标,木破率从30%~95%不等。此时胶合的有效程度应根据木破率范围而定(按表2,木破率为70%~95%为有效胶合,30%~70%为基本有效),商业上则以胶合强度达标与否来判别其是否合格。



图4 过渡层至木材破坏

Fig.4 Failure between the transition layer and wood

(4)木材破坏 如图5所示,破坏发生在木材深层或次深层,属有效胶合,此时试板的胶合强度(实际上是木材本身的强度)可能达标或不达标;尽管标准中表明,木破率大于80%时,胶合板的胶合强度允许降低0.20 MPa,但低于标准值的仍为不合格产品。

上述第(2)、(3)类情况用现行标准作商业解释还可以被接受,但第(1)和(4)类情况则让人不解。特别是第(4)类情况,虽然是良好的有效胶合,但往往



图5 木材破坏

Fig.5 Failure in the wood

因其胶合强度不达标而被标准否定,而(1)、(2)类中依据标准是合格的产品,大多经不起水煮-干燥试验,即使是很少几次循环,极易发生“脱胶”。

木材是一种非均质多孔性材料,其密度、年轮、构造上有明显差异。因此,胶合板发生有效胶合时的木破率应是100%,且破坏一定发生在木材最薄弱处(如早材部位),此时所对应的强度是木材最薄弱处的强度(其值大小往往取决于树种),而不是所谓的“胶合强度”。由于木材构造上的局部差异远比其它材料显著,因此,其“胶合强度”值也不可避免地显著变异(见表3)。由此可见,用传统标准的“胶合强度”来衡量胶粘剂的胶合质量或胶合效果有失偏颇。

2.2 胶粘剂的渗透和胶钉效应

胶粘剂与木材的胶合是胶粘剂在木材表面润湿、流动、渗透和固化的过程。在单板涂胶时,胶液就开始填充到木材表面的不平处,并开始有少量渗透;热压时在温度和压力的作用下,胶液发生流动,渗透加剧,部分胶液不仅渗透到单板的楔形裂隙和临近胶层及平行于木材纵向纹理的导管,而且还会沿着木射线方向,垂直于单板平面向深层渗透。在显微镜下可以清楚地看到胶粘剂对木材孔隙包括裂隙的“填充”并形成“胶钉”,起到了对被(渗透)填充部分木材的加强作用(从密度增强效应来看)。“胶钉”对两片单板有“钉合”作用,这就是有效胶合时胶合破坏面多发生在远离胶层的木材部位的原因所在。

2.3 指标分析

比较表3中的数据可发现,假定“胶合强度”的标准值为0.95 MPa时,试件LPF-1、LPF-3的“胶合强度”不达标(按标准中规定,木破率超过80%时胶合强度值可降低0.20 MPa,因此也可勉强视其为“合格”),但木破率却高达80%以上,发生的是有效胶合。PF-1的“胶合强度”虽达标,但木破率却较低,发生的是无效胶合,但依据“假定标准”判别为“合格”。PF-2因其数据变异较大而难作判定。只有LPF-2和PF-3既是有效胶合,胶合强度又达标。然而,实际上依据现行胶合强度的国标值0.7 MPa判断,上述所有胶合板都合格。由此可见,依据现行标准判定的结论与胶合有效性存在矛盾。

由于木破率较高的试件绝大部分发生了有效胶合,因此,用木破率来衡量胶合效果比较客观。然而,木破率反映的只是有效胶合面积的百分比,与“胶合强度”无关。

2.4 剪切弹性模量

由于检测弹性模量时一般都要求在远离破坏点

的线性段前端取值,有可能避开获得意义不清的‘胶合强度’。在特定情况下,材料的刚性与强度呈正相关关系,因此,可以借胶合层的剪切弹性模量 MOE_s 来间接地反映胶合层剪切面的胶合效果。当把‘胶合强度’的标准检测方法简单视为剪切试验(即对薄板而言,忽略 $1/2$ 中板厚处的轴心偏移),剪切弹性模量就有可能成为较真实反映胶合效果的衡量指标。但是,此方法不能反映出较高弹性模量下试件的无效胶合。鉴于无效胶合的试件往往经不起水煮-干燥循环试验(尤对酚醛树脂而言),如果辅以水煮-干燥循环试验,即可较为全面地反映试件的胶合效果(表 3)。

图 6 表达了本试验中所有发生有效胶合的 LPF 胶合板相同规格试件的剪切弹性模量与胶合强度(剪切强度)的关系,其相关系数($R^2 = 0.619$)并不高,这是因为破坏点反映出来的往往并不是胶层的强度,而是变异性极大的木材本身的剪切强度,由此再次证明,用所谓的‘胶合强度’来表达胶合效果的不真实性和不可靠性。

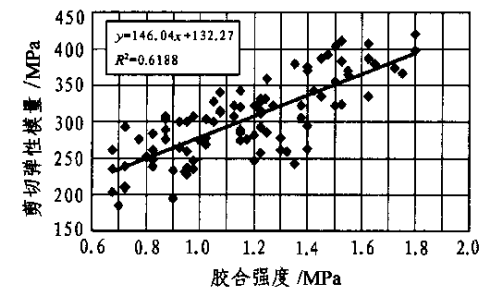


图 6 胶合强度与剪切弹性模量的关系

Fig.6 Relationship between bonding strength and MOE_s

2.5 胶合效果衡量方法的选择

综上所述,笔者认为商业意义上适宜的胶合板胶合效果的检测办法为:首先按现行标准方法测得胶合层的剪切弹性模量(此时,部分无效胶合可暴露出来),至试件破坏后结合木破率来判别胶合效果,然后加试若干次(如 3 次)水煮-干燥循环试验,进一步判别胶合的有效性(对 PF 树脂胶合板和 UF 树脂胶合板应分别制定不同的老化条件)。这种方法虽稍显繁琐,但具有一定的科学性。而对于学术或技术意义上的胶合效果的评定,由于强调的是真实性和科学性,建议采取‘剪切弹性模量 + 木破率 + 胶合有效性’的综合评分法来判别其胶合效果。

3 结论和建议

1) 胶合效果的评判应该以有效胶合为前提;

万方数据

2) 传统评价方法中,木材的‘胶合强度’存在着概念上的疑义和实际应用上的不真实性;

3) 采取‘剪切弹性模量 + 木破率 + 胶合有效性’或对这些指标作综合评分来判定胶合板的胶合效果较为客观。

参考文献:

- [1] Collett M Bernard. A Review of Surface and Interfacial Adhesion in Wood Science and Related Fields[J]. Wood Science and Technology, 1972(6): 1-42.
- [2] River H Bryan. Fracture of Adhesive-bonded Wood Joints[M]. In: Pizzi A, Mittal K L, eds. Handbook of Adhesive Technology, Chapter 9. New York: Marcel Dekker, Inc., 1994.
- [3] Zhang H J, Chui Y H, Schneider M H. Compression Control and its Significance in the Manufacture and Effects on Properties of Poplar LVL[J]. Wood Science and Technology, 1994, Vol. 28, 285-290.
- [4] 杨毓盛. 胶合板生产过程控制对胶合强度的影响[J]. 木材综合利用信息, 2001(11-12 合刊): 48-50.

欢迎订阅 2004 年《林业科学》

《林业科学》是中国林学会主办的林业综合性学术期刊,创刊于 1955 年。主要刊登林业及相关领域的最新科研成果,国家林业建设重点和热点,评述学术动向,开展学术讨论,促进国内外学术交流。

内容包括:森林培育、森林生态、林木遗传育种、森林保护、森林经理、森林与生态环境、生物多样性保护、野生动植物保护与利用、园林植物与观赏园艺、经济林、水土保持与荒漠化治理、林业可持续发展、森林工程、木材科学与科技、林产化学加工工程、林业经济及林业宏观决策研究。主要刊登中文论文,同时接受附中文摘要的英文论文,读者对象为国内外从事林业各个领域研究的科技人员、林业管理干部以及高等院校的师生。

双月刊,单月 25 日出版,大 16 开 192 页,每期定价 30 元,全年 180 元。

邮发代号 36-6,全国各地邮局均可订阅

国外总发行:中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱),邮发代号 BM44

地址: 100091,北京市万寿山后中国林学会

电话: 010-62889820, 6288579

E-mail: linykx@csf.forestry.ac.cn